

VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra výrobních strojů a konstruování

Konstrukční návrh přesouvacího zařízení pro poháněcí stanice pásových dopravníků

Engineering Design of the Shuttle Machinery for Driving Station Belt Conveyors

Student:

Pavelka Bronislav

Vedoucí diplomové práce:

prof. Ing. Horst Gondek, DrSc.

Ostrava 2014

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra výrobních strojů a konstruování

Zadání diplomové práce

Student:

Bc. Bronislav Pavelka, DiS.

Studijní program:

N2301 Strojní inženýrství

Studijní obor:

3909T001 Konstrukční a procesní inženýrství

Specializace:

10 Stroje pro těžbu a zpracování užitkových surovin

Téma:

Konstrukční návrh přesouvacího zařízení pro poháněcí stanice pásové dopravníků
Engineering Design of the Shuttle Machinery for Driving Station Belt Conveyors.

Zásady pro vypracování:

- 1) Rešerše zařízení pro přesun poháněcích stanic dálkové pásové dopravy.
- 2) Konstrukční návrh odnímatelné kráčivé jednotky.
- 3) Základní výpočet nosné části.
- 4) Konstrukční návrh nosného podélného trámce.
- 5) Základní výpočet nosného podélného trámce.
- 6) Detailní výkres uložení kráčivé jednotky
- 7) Detailní výkres uložení podélného trámce.

Seznam doporučené odborné literatury:

- 1)BOLEK, A. a kol. *Části strojů 1*.Svazek 6. Vydání SNTL Praha. 1989,707 s., ISBN 80-03-00426-7
- 2)ZAJAC, O.- BOROŠKA, J.- GONDEK, H. *Hlbinné dobývacie stroje a dopravné zariadenia*. Vydavatel. ALFA, Bratislava. 1991.428 s. ISBN-80-05-00713-2
- 3)ANTONIAK, J. *Przenosniki taśmowe*. Vydavatelstvo politechniki slaskiej Gliwice. 2004, 388 s. ISBN 83-7335 –.266- X
- 4)ČSN 01 6910 *Úprava písemností psaných strojem nebo zpracovaných textovými editory*. Praha: Český normalizační institut, srpen 1997.36 s.
- 5)ČSN ISO 690 *Bibliografické citace*. Obsah, forma a struktura. Praha: Český normalizační institut, 1996. 32 s.

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **prof. Ing. Horst Gondek, DrSc.**

Datum zadání: 13.12.2013

Datum odevzdání: 19.05.2014

doc. Dr. Ing. Ladislav Kovář
vedoucí katedry



doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

7.5. 2014

V Ostravě

Pavelka B.

.....
podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- беру на ве́домі, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že diplomová práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- было́ сже́днано, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- было́ сже́днано, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohou jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- беру на ве́домі, že odevzdání své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

7.5. 2014

V Ostravě:.....

.....
podpis

Jméno a příjmení autora práce:

Pavelka Bronislav

Adresa trvalého pobytu autora práce:

Kladruby 113

415 01 Teplice

ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE

PAVELKA, Bronislav. *Konstrukční návrh přesouvacího zařízení pro poháněcí stanice pásových dopravníků: diplomová práce*. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra výrobních strojů a konstruování, 2014, 80s. Vedoucí diplomové práce: prof. Ing. Horst Gondek, DrSc.

Předmětem této diplomové práce je *Konstrukční návrh přesouvacího zařízení pro poháněcí stanice pásových dopravníků*. Diplomová práce je stylizována do pěti částí. První část diplomové práce obsahuje řešerši zařízení, která jsou používána pro přesun poháněcích stanic dálkové pásové dopravy v Severočeských dolech a.s., Dolech Bílina. Druhá část diplomové práce se zabývá konstrukčním návrhem odnímatelné kráčivé jednotky včetně popisu funkčních celků. Třetí část obsahuje základní výpočet nosných částí ocelové konstrukce. Čtvrtá část diplomové práce popisuje konstrukční návrh nosného podélného trámce a v páté závěrečné části diplomové práce se zabývám základním výpočtem nosného podélného trámce. V příloze předkládám sestavný výkres kráčivé jednotky, sestavný výkres adaptéru, detailní výkres uložení kráčivé jednotky, konstrukční návrh kráčivé jednotky, výkres nosného rámu, detailní výkres uložení nosného podélného trámce a konstrukční návrh nosného podélného trámce.

DIPLOMA THESIS ABSTRACT

PAVELKA, Bronislav. *Engineering Design of the Shuttle Machinery for Driving Station Belt Conveyors: Diploma Thesis*. Ostrava: VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Production Machinery and Desing, 2014, 80 pages. Diplom Thesis head: prof. Ing. Horst Gondek, DrSc.

The subject of this thesis is the engineering design of the shuttle machinery for driving station belt conveyors. The Diploma thesis is stylized into five parts. The first part contains the research of the equipment, which is used for driving the station of long-distance belt transport transfer at North-Bohemian Mines, Inc. Chomutov, Coal Mine Bílina. The second part of my thesis aims at the structural design of the shuttle machinery including its parts description. The third part of my thesis provides the basic calculation of carrying parts of the steal construction. The fourth part of the thesis gives an account of a structural design

of steal longitudinal support and the final fifth part is aimed at a basic calculation of the steal longitudinal support. Shuttle machinery design, shuttle machinery adapter design, detailed design of placing the shuttle machinery, shuttle machinery construction design, the steal longitudinal support contruction design and detailed drawing of its placing are enclosed.

SEZNAM POUŽITÝCH ZNAČEK A SYMBOLŮ

Značka	Význam	Jednotka
<i>OKJ</i>	odnímatelná kráčivá jednotka	-
<i>TV-200</i>	transportní vůz nosnost 200 tun	-
<i>TV-300</i>	transportní vůz nosnost 300 tun	-
<i>OLDP</i>	ocelolankový dopravní pás	-
<i>PVZ 2500</i>	pásový vůz zakládací	-
W_o	ohybový modul	mm ³
M_o	ohybový moment	-
p	otlačení	MPa
S	plocha průřezu	mm ²
σ_o	napětí v ohybu	MPa
σ_{red}	napětí redukované	MPa
τ	napětí smykové	MPa
τ_{max}	napětí smykové maximální	MPa
α	úhel daný geometrií zavěšení vzpěrných táhel	°
β	úhel daný geometrií zavěšení vzpěrných táhel	°
γ	úhel daný geometrií zavěšení vzpěrných táhel	°
δ	úhel daný geometrií zavěšení vzpěrných táhel	°
ω	úhel daný geometrií zavěšení vzpěrných táhel	°
F	síla v čepu	N
F_a	reakce v čepu táhla	N
F_B	reakce v čepu adaptéru	N
F_C	působící síla od kráčivé jednotky	N
F_x	velikost reakce v ose x	C
F_y	velikost reakce v ose y	C
d	průměr kruhového průřezu čepu	mm
t	síla materiálu	mm
b	šířka materiálu	mm
i	počet šroubů	-
a	rozteč šroubů	mm
F_{max}	maximální zatěžující síla	N
r	poloměr kruhového průřezu čepu	mm
F_{Ct}	síla působící na podélný trámec	N
y	průhyb trámce	mm
k	součinitel bezpečnosti	-
<i>HRC</i>	tvrdost dle Rockwella	-
q	zatěžovací stavy	kN/m
<i>CrMo</i>	chemické označení legujících prvků	-
<i>CuAl</i>	chemické označení legujících prvků	-
<i>CuAlMn</i>	chemické označení legujících prvků	-

Obsah

Seznam použitých značek a symbolů	8
Obsah	9
Úvod	11
1. Rešerše zařízení na přesouvání stanic dálkové pásové dopravy.....	12
1.1 Parametry určující způsob transportu.....	12
1.1.1 Typ poháněcí stanice	13
1.1.2 Konstrukční provedení poháněcí stanice.....	18
1.1.3 Vzdálenost přesunu, transportu poháněcí stanice.....	18
1.1.4 Technický stav zařízení a jeho způsobilost pro transport.....	19
1.2 Zařízení na přesouvání poháněcích stanic dálkové pásové dopravy.....	19
1.2.1 Transport poháněcí stanice pomocí kolejového podvozku	19
1.2.2 Transport poháněcí stanice pomocí transportního vozu a určení těžiště.....	19
1.2.3 Transport poháněcí stanice pomocí odnímatelných kráčivých jednotek.....	23
2. Konstrukční návrh odnímatelné kráčivé jednotky	24
2.1 Nosná část kráčivé jednotky.....	25
2.2 Obslužné lávky.....	26
2.3 Opěrné desky.....	26
2.4 Hydraulické válce.....	27
2.4.1 Hydraulický válec zdvihu.....	28
2.4.2 Hydraulické válce směrování	29
2.5 Hydraulická zařízení	32
2.6 Elektrická zařízení.....	33
2.7 Příslušenství	33
2.8 Nosná část nutná pro vyvození pohybu a není součástí kráčivé jednotky	34
2.8.1 Vzpěrná táhla.....	34
2.8.2 Přechodový element	35
2.8.3 Stabilizační prvky.....	35
2.8.4 Stojan kráčivé jednotky	36
2.8.5 Adaptér kráčivé jednotky	36
2.8.6 Montáž adaptéru kráčivé jednotky	40
2.9 Základní technické parametry	43
2.10 Schéma konstrukčního návrhu	44
3. Základní výpočet nosných částí přesouvacího zařízení.....	45
3.1 Zavedení průběhu reakcí a působící síly	46
3.2 Výpočet velikosti reakce v čepu táhla.....	46
3.3 Výpočet velikosti reakce v čepu spodního přechodového elementu.....	47

3.4 Kontrola šroubového spoje uložení kráčivé jednotky do pontonu	47
3.5 Kontrola čepů na ohyb	49
3.6 Kontrola uložení táhel na otláčení	51
3.7 Kontrola nosného rámu	52
3.8 Pevnostní zatížení nosných částí v kontrolním programu IDA NEXIS	55
4. Konstrukční návrh nosného podélného trámce	59
4.1 Obecný popis nosného rámu s nosnými podélnými trámcí	59
4.2 Obecný postup kompletace nosného rámu	61
4.3 Nosný podélný trámec	62
4.4 Příčný nosník	62
4.5 Podpěra	63
4.6 Spojení nosníku a trámce zámkem	63
4.7 Závěs pontonu a nosného podélného trámce	64
4.8 Podpěrný sloup	64
5. Základní výpočet nosného podélného trámce	66
5.1 Kontrola čepového uložení v závěsu pontonu	66
5.2 Kontrola nosné části podélného trámce	67
6. Závěr	74
7. Seznam použité literatury	75
8. Seznam obrázků	76
9. Seznam tabulek	78
10. Seznam příloh	79

Úvod

Cílem diplomové práce je provést konstrukční návrh přesouvacího zařízení pro poháněcí stanice pásových dopravníků. Poháněcí stanice dálkové pásové dopravy provozované na Dolech Bílina jsou od šíře 1 200 mm až 2 250 mm. Hmotnost poháněcích stanic dosahuje až 300 tun.

Diplomová práce dále obsahuje přehled zařízení určených pro přesun poháněcích stanic používaných na Dolech Bílina. Součástí diplomové práce je také základní výpočet nosných částí přesouvacího zařízení, návrh a výpočet nosného podélného trámce, sestavný výkres kráčivé jednotky, sestavný výkres adaptéru, detailní výkres uložení kráčivé jednotky, konstrukční návrh kráčivé jednotky, sestavný výkres nosného rámu, detailní výkres uložení nosného podélného trámce a konstrukční návrh nosného podélného trámce.

1. Rešerše zařízení na přesouvání poháněcích stanic dálkové pásové dopravy

Volba vhodného způsobu přesouvání poháněcích stanic dálkové pásové dopravy je přímo závislá na typu, konstrukci poháněcí stanice a dále na transportní vzdálenosti. Všechny tyto parametry (typ, konstrukční provedení, vzdálenost) přímo ovlivňují i následnou ekonomickou nákladnost přesunu, popř. transportu poháněcích stanic. Další faktory, které ovlivňují transport, jsou například stav a připravenost transportní trasy, rozsah práce pomocných mechanismů při samotném transportu, vymezení časového fondu na transport, technický stav přesouvané poháněcí stanice a příprava konkrétního transportního zařízení. Vzhledem k faktu, že transport poháněcích stanic se děje zejména z důvodu báňských postupů je nutné, aby všechna zařízení, která jsou nezbytná pro transport poháněcích stanic, byla v takovém technickém stavu, který umožní provést tento transport za všech klimatických podmínek [14].

1.1 Parametry určující způsob transportu

Volba způsobu transportu (přesouvání) stanic je závislá na mnoha faktorech. Hlavní parametry, určující způsob přesouvání poháněcích stanic, jsou tyto:

- Typ poháněcí stanice
- Konstrukční provedení poháněcí stanice
- Vzdálenost přesunu, transportu poháněcí stanice
- Technický stav zařízení a jeho způsobilost pro transport

Pro každý způsob transportu jsou výrobcem vypracovány technické předpisy, které stanovují postupy a určují podmínky, za kterých je transport možný a bezpečný. Je nutné tyto postupy dodržovat, protože možná rizika poškození technického zařízení nebo popřípadě ohrožení zdraví osob jsou tímto minimalizována. Technologické postupy pro provádění transportů poháněcích stanic popisují konkrétní činnosti a posloupnosti navazujících kroků transportu, včetně popisu montáže a využití přípravků a příslušenství poháněcích stanic. Jedná se zejména o tyto komponenty:

- Zvedací trámce – sloužící k vyzvednutí poháněcí stanice do potřebné výše
- Hydraulické zvedáky – zvedáky o nosnosti až 150 tun
- Vázací prostředky - vysokopevnostní třmeny, vazáky

- Kotvicí prostředky – řetězy, kolejové zdrže, válcové nebo excentrické čepy

Každý z těchto komponentů má své využití pro konkrétní typ transportované poháněcí stanice dálkové pásové dopravy. Montážní postup a způsob manipulace je stanoven technologickým postupem. Všechny tyto prostředky musí splňovat bezpečnostní kritéria daná výrobcí, ať už se jedná například o vázací schémata pro zvedací trámce, funkční kontroly hydraulických zvedáků, bezpečnostní a materiálové atesty třmenů, řetězů, lan, kolejových zdrží nebo zkoušky materiálu čepů.

1.1.1 Typ poháněcí stanice

Stanice s kolejovým podvozkem – jedná se o nejčastější provedení poháněcích stanic dálkové pásové dopravy, jehož výhodou je poměrně snadná manipulace s poháněcí stanicí při přesunech po kolejovém roštu do místa nového nasazení. Další výhodou tohoto provedení je i poměrně jednoduchá příprava na samotný přesun a spočívá zejména v předcházející údržbě kolejového podvozku poháněcí stanice a jeho natočení požadovaným směrem. Pro tento typ stanice rozeznáváme dva způsoby přesunu: po kolejovém roštu (podélný a příčný) a přesun pomocí transportního vozu.



Obrázek č.1 Poháněcí stanice šíře 1200 mm s kolejovým podvozkem.



Obrázek č.2 Poháněcí stanice šíře 1800 mm s kolejovým podvozkem před transportem.

Přesun po kolejovém roštu se provádí za neustálé asistence pomocných mechanismů a osádky (údržby). Pohyb stanice včetně brzdění je dosažen tažnými lany, která jsou pevně ukotvena ke konstrukci poháněcí stanice a tažnému prostředku zpravidla dozeru [2]. Ukotvení tažných lan ke konstrukci je dáno výrobcem zařízení a nesmí být použito jiného nestandardního způsobu ukotvení. Technologický postup upřesňuje podmínky pro samotný transport poháněcí stanice zejména z pohledu bezpečnosti osádky. I přes své výhody klade tento způsob přesunu poměrně velké nároky na přípravu a provedení transportní trasy a na pokládku kolejového roštu. Při těchto přesunech musí být dodrženy parametry dané výrobcem poháněcí stanice, jedná se zejména o dodržení příčných a podélných sklonů a únosnosti podložky.

Přesun kolejové poháněcí stanice za pomoci transportního vozu spočívá v natažení transportované poháněcí stanice na kolejový rošt, který je umístěný na housenicovém podvozku transportního vozu. V současné době provozujeme na Dolech Bílina dva typy transportních vozů, které se liší v nosnosti transportovaných poháněcích stanic dálkové pásové dopravy. Transportní vůz s označením TV-200 slouží pro transport poháněcích stanic o nosnosti do 200 tun. Pro svoji omezenou nosnost se využívá zejména při transportu poháněcích stanic šíře 1200 mm a šíře 1600 mm, které tuto základní podmínku transportu

splňují. V případě potřeby snížit hmotnost přepravované poháněcí stanice se korekce hmotnosti provádí demontáží strojních celků, jako jsou například: rám pohonu včetně motoru a převodové skříně, tlumic štít, popřípadě části nosné ocelové konstrukce. TV-200 využívá housenicového podvozku z pásového vozu zakládacího, zkráceně PVZ 2500. Transportní vůz s označením TV-300 slouží pro transport poháněcích stanic o nosnosti 300 tun a to v provedení kolejovém nebo pontonovém. U transportu pontonových stanic musíme pro možnost najetí transportního vozu pod poháněcí stanicí využít zvedacích trámů a hydraulických zvedáků [14].

Pontonové stanice přesuvné – toto řešení se rozvinulo během posledních dvaceti let a uplatňuje se zejména u nových technologií v posledních letech, přičemž pro samotný transport těchto poháněcích stanic se využívají odnímatelné kráčivé jednotky. Výhodou tohoto provedení je možnost transportu poháněcích stanic na poměrně rozsáhlé vzdálenosti. Výhodou je i možnost přesného usazení poháněcí stanice v místě nového postavení, tzn., že se kráčivé jednotky demontují až po vyzkoušení průchodu dopravního pásma stanicí v novém postavení. Transport poháněcí stanice pomocí těchto jednotek není náročný ani pro obsluhu (údržbu) při samotném transportu. Také zde je zapotřebí asistence pomocných mechanismů - dozerů. Nejsložitější částí transportu je příprava odnímatelných kráčivých jednotek a jejich uchycení k pontonům poháněcí stanice. Velká pozornost se klade při přípravě transportu k vytvoření transportní trasy, zejména na vyhovující únosnost podložky, po které se budou pohybovat kráčivé jednotky.



Obrázek č.3 Pontonová stanice šíře 2200 mm, systém uchycení odnímatelných kráčivých jednotek.

Pro lepší stabilitu opěrné desky – talíře kráčivé jednotky, se využívá zdrsňení hladké části spodní plochy talíře navařením čtverhranného profilu. Výhoda tohoto opatření se projevuje zejména v extrémně náročných podmínkách tím, že omezuje prokluzování kráčivé jednotky na podložce. Samotná příprava transportu spočívá zejména ve vizuální kontrole nosných prvků kráčivých jednotek a nosných prvků, které jsou součástí poháněcí stanice. Samozřejmostí je prvotní očištění nosných částí od spadaneho materiálu.

Nedodržováním technických předpisů stanovených pro provoz kráčivých jednotek mohou nastat havarijní stavy, které mohou vést až k poškození zařízení. Odstranění následného poškození u kráčivých jednotek je vždy finančně náročné a vyžaduje poměrně složitou přípravu na provedení samotné opravy. Vzhledem k velikosti a hmotnosti kráčivé jednotky a tím i k obtížné manipulaci s ní se nezřídka přistupuje k opravám přímo na místě poruchy.



Obrázek č.4 *Nezpůsobilý stav transportní trasy jako možná příčina poškození kráčivé jednotky.*

Dvoupontonové stanice stabilní – provedení u dlouhodobě stabilních poháněcích stanic ve smyslu jejich dopravního postavení. Tyto dvoupontonové stanice zůstávají ve svém postavení řádově desítky roků. Pontony jsou pevně uchyceny k betonovým blokům v podloží a v případě jejich transportu do nového postavení se využívá remontáží poháněcí stanice a transportu pomocí přepravních zařízení zejména automobilové dopravy, popř. transportního vozu. V případě remontáží je transport poháněcí stanice rozložen do dvou fází:

- Práce na zařízení před transportem, které mají demontážní charakter a spočívají v demontážních pracích strojních a elektro celků.

- Transport nosné ocelové konstrukce poháněcí stanice do nového postavení.



Obrázek č.5 Dvoupontonová stanice šíře 1600 mm, přesun po demontážních pracích.



Obrázek č.6 Dvoupontonová stanice šíře 1600 mm, následná remontáž.

1.1.2 Konstrukční provedení poháněcí stanice

Základní faktory určující podmínky přesunu (transportu) poháněcích stanic jsou šíře a hmotnost transportované poháněcí stanice. Šíře stanice určuje jak rozteč a typ kolejového podvozku pro transport na kolejovém roštu, tak i možnost využití způsobu transportu na transportním voze. Hmotnost transportované poháněcí stanice je limitujícím parametrem pro využití transportního vozu. V případě vyšší hmotnosti se tato musí korigovat na hmotnost dovolenou pro transport transportním vozem. Poháněcí stanice dálkové pásové dopravy, které se provozují na Dolech Bílina, jsou konstrukčním provedením o šíři: 1200 mm, 1600 mm, 1800 mm, 2000 mm, 2200 mm v provedení OLDP a 2250 mm. Všechny tyto poháněcí stanice se skládají z nosné ocelové konstrukce poháněcí části a části náběhového dílu, který je demontovatelnou součástí poháněcí stanice. Při transportu stanic s kolejovým podvozkem je transportován vždy zvlášť. Hmotnost poháněcích stanic se pohybuje v rozmezí mezi 100 až 350 tunami [14].

1.1.3 Vzdálenost přesunu, transportu poháněcí stanice

Přesun – přemístění poháněcí stanice na kratší vzdálenosti (řádově desítky a stovky metrů) za využití například kolejového podvozku.

Transport – přemístění poháněcí stanice na delší vzdálenosti, řádově stovky a tisíce metrů za využití transportního vozu nebo odnímatelných kráčivých jednotek, popřípadě remontáže za využití automobilové dopravy.

Tab.1 Přehled možností přesunu (transportu) poháněcích stanic:

typ poháněcí stanice	konstrukční provedení poháněcí stanice	transportní zařízení
kolejový podvozek	šíře 1200 mm	podvozek, transportní vůz
kolejový podvozek	šíře 1600 mm	podvozek, transportní vůz
stabilní stanice	šíře 1600 mm	doprava, transportní vůz
kolejový podvozek	šíře 1800 mm	podvozek, transportní vůz
pontonová stanice	šíře 1800 mm	kráčivé jednotky 4ks
kolejový podvozek	šíře 2000 mm	podvozek, transportní vůz
pontonová stanice krátká	šíře 2200 mm	kráčivé jednotky 2ks
pontonová stanice dlouhá	šíře 2200 mm	kráčivé jednotky 4ks
pontonová stanice	šíře 2250 mm	kráčivé jednotky 4ks

1.1.4 Technický stav zařízení a jeho způsobilost pro transport

Technický stav zařízení, které bude přemísťováno nebo jím bude realizován transport, musí vždy splňovat podmínky dané výrobcem popřípadě technologické postupy dané provozovatelem těchto zařízení [2]. Obecně platí, že před každým transportem zařízení se provádí kontroly technického stavu zařízení v daném rozsahu osádkou-údržbou. Velký důraz se při provádění kontrolní činnosti klade zejména na stav pomocných zařízení, nosných přípravků, montážních přípravků, zvedacích prvků, pohyblivých částí podvozků, stykových ploch, kotvicích prvků, vázacích prostředků, funkčnost a bezpečnost hydraulických zařízení, funkčnost a bezpečnost elektrických zařízení.

1.2 Zařízení na přesouvání poháněcích stanic dálkové pásové dopravy

Z výše popsaného přehledu možností přesunu poháněcích stanic je patrné, jaký typ transportního zařízení se využívá pro konkrétní typ poháněcí stanice. Vzhledem k různým potřebám přesunů (transportů) je na poháněcích stanicích přemísťovaných pomocí kráčivých jednotek nainstalováno několik sestav typů odnímatelných kráčivých jednotek (OKJ). Jedná se o čtyřšlapové a dvoušlapové sestavy OKJ typu: OKJ 130, OKJ 200, kde číselné označení popisuje nosnost jedné jednotky: 130 000 kg; 200 000 kg. Pro přesun poháněcích stanic na kolejovém podvozku využíváme housenicový transportní vůz TV-200; TV-300, kde číselné označení představuje nosnost v tunách.

1.2.1 Transport poháněcí stanice pomocí kolejového podvozku

Kolejový podvozek je vlastní zařízení poháněcí stanice. Jeho funkce a způsob transportu jsou předepsány výrobcem zařízení. Dále jsou výrobcem předepsány podmínky bezpečného transportu zařízení. Poměrně časově náročná bývá samotná příprava kolejového podvozku na transport. Jedná se zejména o řádné promazání a rozhybání pojezdových kol, začepování vahadel a seřízení a zajištění podvozků na aretačních drahách v požadovaných rozměrech, které musí být totožné s rozměry navazujících kolejových roštů, které jsou dále vystavěny pro samotný transport. Po ukončení transportu poháněcí stanice nesmíme opomenout zajistit kolejový podvozek proti pohybu všemi směry kolejovými zdržemi.

1.2.2 Transport poháněcí stanice pomocí transportního vozu a určení těžiště

Transportní vůz na housenicovém podvozku je určen pro přepravu kolejových nebo pontonových poháněcích stanic a jejich příslušenství. Funkce transportního vozu spočívá v pojíždění vpřed a vzad, zatáčení vlevo a vpravo s možností pojezdu jedné housenice nebo

otáčením na místě protichodným pohybem housenic. Transportní vůz je řízen z kabiny řidiče s možností dálkového ovládání transportního vozu. Umístění kolejového podvozku poháněcí stanice nesmí přesahovat ložnou plochu transportního vozu a zároveň musí být těžiště poháněcí stanice co nejblíže středu transportního vozu. Po natažení stanice po hydraulicky sklopných nájezdových rampách, na kterých je umístěn kolejový rošt, musí být transportovaná stanice na ložné ploše transportního vozu zajištěna kolejovými zdržemi a fixními lany. Samotné natažení a sjetí poháněcí stanice je realizováno pomocnými mechanismy-dožery.



Obrázek č.7 Transport poháněcí stanice šíře 1800 mm pomocí transportního vozu TV-300.

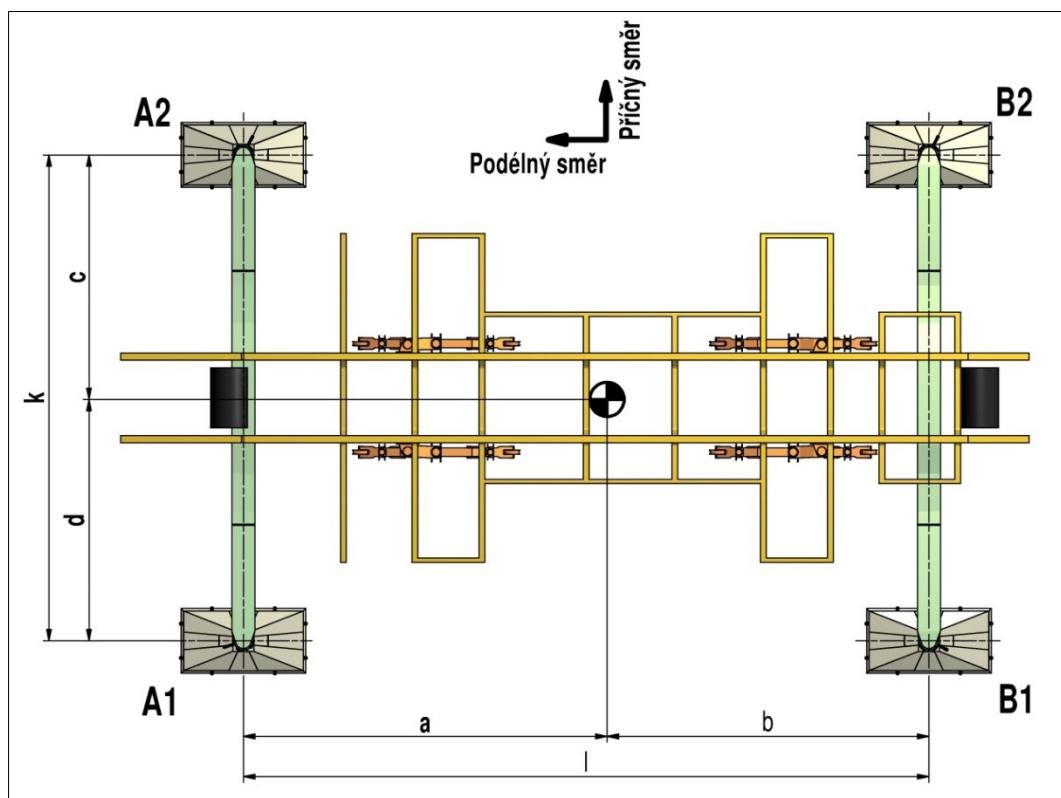


Obrázek č.8 Zajištění polohy naložené poháněcí stanice pomocí fixních lan.

Stanovení těžiště pro naložení poháněcí stanice:

Pro správné naložení poháněcí stanice na transportní vůz pomocí příčných trámců je nutné správně určit polohu těžiště přesouvané poháněcí stanice [11].

Určení polohy těžiště :



Obrázek č.9 Určení polohy těžiště naložené poháněcí stanice.

- v jednotlivých podpěrných bodech **A1, A2, B1, B2** se odečte pomocí manometrů tlak v hydraulických panenkách **P_{A1}, P_{A2}, P_{B1}, P_{B2}** v jednotkách **[bar]**
- vzdálenosti podpěrných bodů v podélném směru „**l**“ a v příčném směru „**k**“ v jednotkách **[m]**
- plocha pístu „**S**“ hydraulické panenky v jednotkách **[cm²]**
- výpočet zatížení v jednotlivých podpěrných bodech na hmotnost, např.: **m_{A1}** v bodě **A1**

$$m_{A1} = \frac{0,01 \cdot P_{A1} \cdot S}{9,81} [t]$$

Maximální povolená zdvihaná hmotnost v jednom podpěrném bodě je **110 t** a hmotnosti v ostatních místech se vypočítají analogicky.

- celková hmotnost „**m_c**“ zvedané stanice včetně zvedacích trámů a ostatních dílů zvedání je dána prostým součtem všech vypočítaných hmotností:

$$m_c = m_{A1} + m_{A2} + m_{B1} + m_{B2} [t]$$

- **m_{A1}, m_{A2}, m_{B1}, m_{B2}**..... zatížení v jednotlivých podepřených bodech [t]
- zatížení výpočtové **m_{A1_v}, m_{A2_v}, m_{B1_v}, m_{B2_v}** pro výpočet polohy těžiště zvedané stanice při transportu na TV-300
 - transport proběhne s podélnými nosníky (od „změřených“ zatížení **m_{A1}, m_{A2}, m_{B1}, m_{B2}** se odečte hmotnost příčných nosníků)

$$m_{A1_v} = m_{A1} - \frac{m_1}{2} [t]$$

- **m_{A1}**.....zatížení z tlaků v místě A1 [t]
 - **m₁**..... hmotnost příčného nosníku [t]
- celková hmotnost „**m_v**“ zvedané stanice při transportu

$$m_v = m_{A1_v} + m_{A2_v} + m_{B1_v} + m_{B2_v} [t]$$

$$m_{A1_v}, m_{A2_v}, m_{B1_v}, m_{B2_v} \dots \text{výpočtové zatížení} [t]$$

Maximální přepravovaná hmotnost na transportním voze TV-300 je **300 t**

- **poloha těžiště v podélném směru**, tedy vzdálenosti „**a**“ a „**b**“ od jednotlivých podpěrných bodů se vypočítá:

$$a = \frac{(m_{B1_v} + m_{B2_v}) \cdot l}{m_v} [m] \quad b = l - a [m]$$

- **poloha těžiště v příčném směru**, tedy vzdálenosti „**c**“ a „**d**“ od jednotlivých podpěrných bodů se vypočítá:

$$c = \frac{(m_{A1_v} + m_{B1_v}) \cdot k}{m_v} [m] \quad d = k - c [m]$$

1.2.3 Transport poháněcí stanice pomocí odnímatelných kráčivých jednotek

Odnímatelné kráčivé jednotky jsou určeny k přesunu pontonových poháněcích stanic dálkové pásové dopravy. OKJ umožňují přesun poháněcí stanice v libovolném směru. OKJ se používají v sestavě čtyř, případně dvou jednotek tak, že jedna je vždy jednotkou řídící [6]. Řídící jednotkou může být kterákoliv z připojených jednotek a jednotlivé jednotky jsou mezi sebou propojeny datovým kabelem. Kompletní sestavy OKJ se dají mezi poháněcími stanicemi vzájemně zaměňovat vzhledem ke stejným připojovacím rozměrům a přípravkům pro uchycení OKJ k poháněcí stanici různého typu. Každá jednotka se skládá z nosného rámu, ve kterém je uložen hydraulický agregát včetně olejové náplně. Pohyby jednotky jsou vyvozeny součinností tří hydraulických válců. Zdvih je zajištěn pomocí zdvihového válce uloženého ve svislé poloze. Vodorovný posun je zajištěn dvojicí vodorovných válců, které jsou ukotveny do zdvihového válce. Všechny hydraulické válce mají na koncích kulová uložení umožňující natáčení válců. Koule jsou kované včetně pánví, do nichž jsou koule uloženy. Pánve jsou také opatřeny povrchovou kluznou vrstvou.

Cyklus přesunu poháněcí stanice pomocí OKJ se skládá ze čtyř fází [1]:

I. fáze – opěrné desky u všech kráčivých jednotek se vyzdvihnou pomocí válce zdvihu do výše 250 mm nad úroveň terénu. Veškerá hmotnost přepravované stanice včetně kráčivých jednotek působí na terén (plán) prostřednictvím pontonu poháněcí stanice

II. fáze – nejprve spuštění opěrných desek na terén (plán). Po dosednutí opěrných desek na plán se desky vůči pláni přestanou pohybovat, ale pokračují ve svém pohybu vůči pontonu poháněcí stanice. Jak se opěrná deska dostává pod úroveň pontonu, dochází ke zvedání poháněcí stanice. Ponton je v této fázi 350 mm nad úrovní pláňe a veškerá hmotnost přepravované stanice včetně kráčivých jednotek spočívá na opěrných deskách

III. fáze – kombinací obou krokových (vodorovných) válců se opěrná deska přesouvá do nové polohy. Výsledkem relativního pohybu opěrné desky vůči pontonu poháněcí stanice je přesunutí stanice po pláni o délku kroku, který činí maximálně 500 mm. Opěrné desky se během této fáze nepohybují vzhledem k pláni a hmotnost přepravované stanice včetně kráčivých jednotek spočívá na opěrných deskách

IV. fáze – opěrná deska se zvedá vůči pontonu poháněcí stanice, čímž vizuálně dochází ke spuštění poháněcí stanice. Opěrná deska pokračuje v pohybu vzhůru a dochází k dosednutí pontonu na plán. Poháněcí stanice se již nepohybuje a

pohyb vykonává pouze opěrná deska, která svůj pohyb ukončí opět ve výšce 250 mm nad úrovní pláň.

Neméně důležitou součástí kráčivých jednotek je příslušenství (stabilizační opěry, stojany, adaptéry), které umožňuje bezpečné uložení jednotek pro převoz, popřípadě slouží pro potřeby seřizování nebo odstavení jednotek, dále krycí plachty a závěsné popruhy. Samotná manipulace a montáž k pontonům poháněcí stanice se provádí vzhledem k hmotnosti OKJ za pomoci pomocných mechanismů nebo automobilových jeřábů. Montáž není náročná a sestává pouze ze začepování do nosných táhel na pontonu poháněcí stanice a ukotvení nosného rámu kráčivé jednotky k pontonu poháněcí stanice. V případě možnosti využití kráčivých jednotek o nosnosti 130 000 kg pro transport poháněcích stanic šíře 2250 mm je nutné využít adaptéru [14].

2. Konstrukční návrh odnímatelné kráčivé jednotky

Odnímatelná kráčivá jednotka OKJ bude určena k přesunu poháněcí stanice dálkové pásové dopravy. Konstrukční návrh odnímatelné kráčivé jednotky bude vycházet z technické specifikace požadavků provozovatele a také by měl splňovat legislativní požadavky kladené na používání strojního zařízení zejména z důvodu bezpečnosti. Odnímatelná kráčivá jednotka bude v sobě zahrnovat části elektro a části strojní, jejichž součástí bude i hydraulické ovládání. Všechny tyto části musí být doplněny schémata a popisy včetně návodů k používání. Kráčivé jednotky budou provozovány celoročně za všech klimatických podmínek. Při konstrukčním návrhu vycházím ze zkušeností s provozováním obdobných zařízení na Dolech Bílina. Odnímatelná kráčivá jednotka se bude skládat z těchto částí:

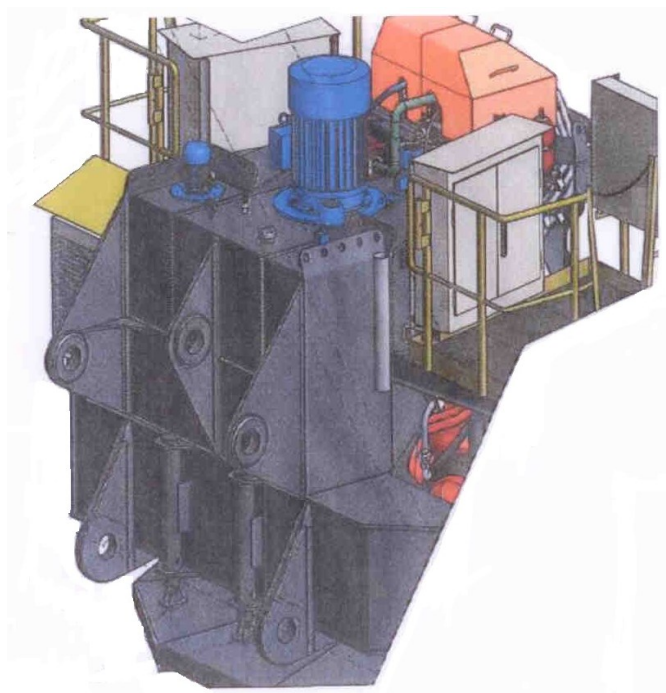
- Nosná část kráčivé jednotky.
- Obslužné lávky.
- Opěrné desky.
- Hydraulických válců.
- Hydraulického zařízení.
- Elektrických zařízení.
- Příslušenství.
- Nosná část nutná pro vyvození pohybu a není součástí kráčivé jednotky.
- Základní technické parametry.
- Konstrukční návrh odnímatelné kráčivé jednotky.

2.1 Nosná část kráčivé jednotky

Nosný rám

Nosný rám bude navržen jako svařenec z ocelových plechů. V rámu bude umístěna nádrž na hydraulický olej o objemu 1200 litrů. Nosný rám bude vybaven přípojnými oky pro ukotvení k pontonům poháněcích stanic. Na nosném rámu budou instalována kotvící oka, která budou sloužit k upevnění vázacích prostředků při manipulaci s kráčivou jednotkou. Nosná konstrukce rámu je přímou součástí kráčivé jednotky a zajišťuje dostatečnou tuhost kráčivé jednotky při samotném transportu a zároveň umožňuje uložení a instalaci elektrických, hydraulických a strojních prvků, nutných pro vyvození požadovaného pohybu.

Nosný rám bude podepírat obslužné lávky, které zajišťují přístup pracovníkům údržby a umožňují obsluhu elektrických, hydraulických a strojních prvků. V nosném rámu bude také vertikálně uložen válec zdvihu a horizontálně uloženy dva válce směrování. Tyto válce, ukotvené v nosném rámu a opěrné desce kráčivé jednotky pomocí kulových uložení, budou zajišťovat krok jednotky požadovaným směrem.



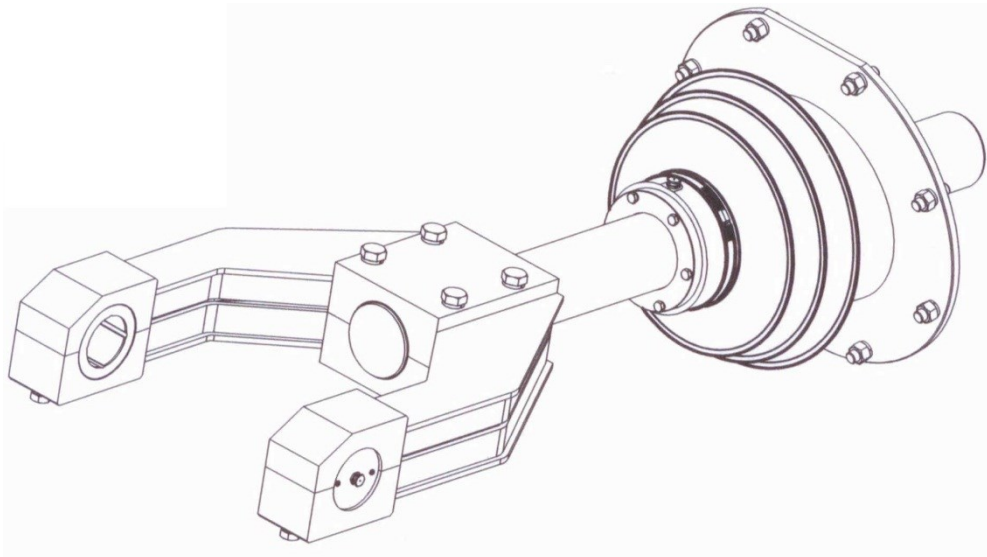
Obrázek č.10 Nosný rám kráčivé jednotky.

Závěsy uchycení nosného rámu

Důležitou součástí nosného rámu jsou spodní a horní závěsy uchycení kráčivé jednotky. Horní závěsy slouží k ukotvení vzpěrných táhel pomocí čepů válcového tvaru, které jsou na jedné straně opatřeny zajištěním. Tato vzpěrná táhla nejsou součástí nosného rámu kráčivých jednotek. Spodní závěsy slouží k ukotvení nosného rámu kráčivých jednotek k pontonu

transportované poháněcí stanice. Ukotvení se zajišťuje obdobně pomocí čepů válcového tvaru.

Další součástí nosného rámu je stabilizační rameno, které bude na jedné straně ukotveno do nosného rámu a na straně druhé bude ukotveno na vnějším plášti válce zdvihu.



Obrázek č.11 Stabilizační rameno válce zdvihu.

Vzhledem k důležité funkci nosného rámu kráčivé jednotky je zapotřebí, aby způsob výroby nosného rámu byl přesně dodržován dle výrobní dokumentace. Protože se jedná o svařenec z plechů, je vhodné po dokončení výroby nechat provést žíhání k odstranění vnitřního pnutí. Tímto opatřením by se mělo předejít vzniku trhlin v nosném rámu, který je dynamicky namáhán. Lhůty a rozsah kontrol nosného rámu jsou dány výrobcem.

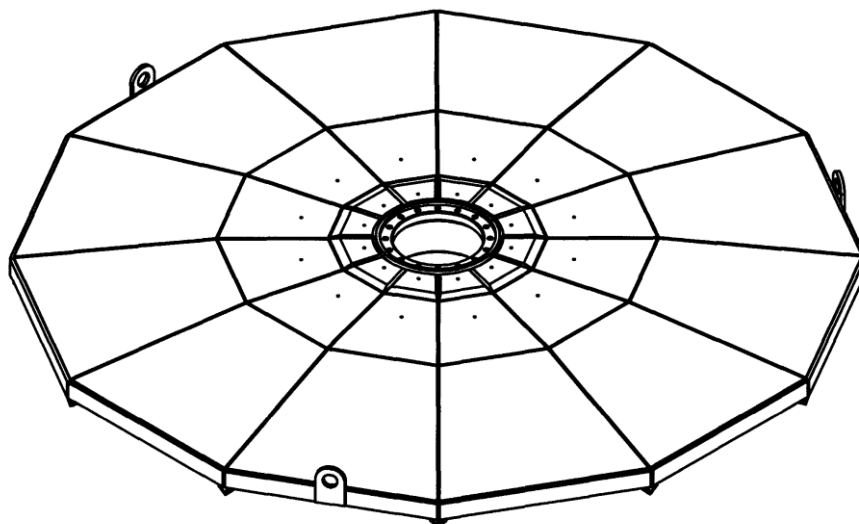
2.2 Obslužné lávky

Obslužné lávky budou zajišťovat přístup k hydraulickým a elektrickým systémům jednotky a zároveň budou poskytovat dostatečný prostor pro obsluhu kráčivé jednotky při ovládacích a manipulačních činnostech. Na obslužných lávkách budou umístěny ovládací pulty s rozvaděči vysokého a nízkého napětí. Přístup na obslužnou lávku bude realizován pomocí žebříku, který bude pevně spojen s obslužnou lávkou. Nosná obslužná lávka je pevně přichycena k nosnému rámu kráčivé jednotky a její pochůzná část je řešena pomocí pochůzných roštů z krouceného pozinkovaného drátu. Součástí obslužné lávky bude i jednoduché zastřešení.

2.3 Opěrné desky

Opěrná deska je svařenec z ocelových plechů a je uložena na spodním kulovém ložisku zdvihového válce. Opěrná deska je osazena třemi kusy nosných ok pro zajištění stability

desky. Tato nosná oka slouží k uchycení vázacích prostředků při transportu kráčivé jednotky a jsou k opěrné desce navařena. Ze spodní strany desky je také navařeno zdrsnění omezující prokluzování kráčivé jednotky. Vzhledem k faktu, že kráčivé jednotky jsou provozovány za všech klimatických podmínek, má zdrsnění velký vliv na plynulost kroku jednotky.



Obrázek č.12 Opěrná deska.

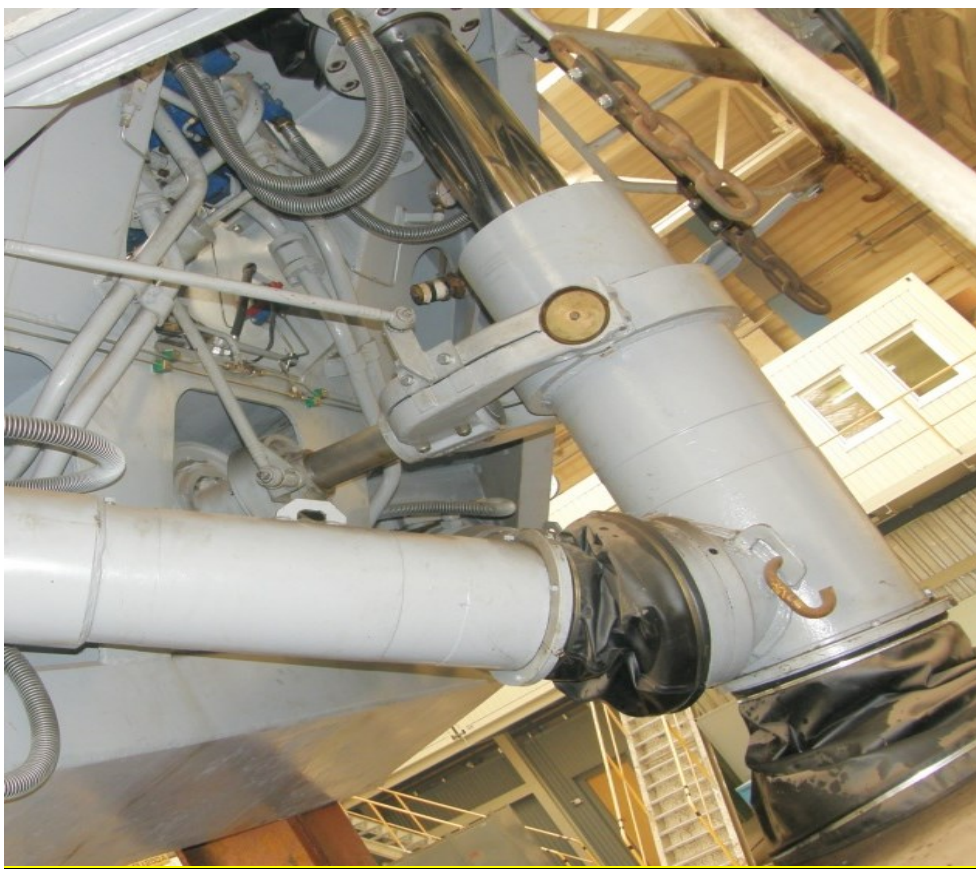
Po svaření střední části dosedací plochy opěrné desky je nutné provést žihání na odstranění vnitřního pnutí pro vyloučení pozdějšího vzniku trhlin. Průměr desky se bude lišit podle nosnosti OKJ.

2.4 Hydraulické válce

Pohyb kráčivé jednotky bude umožněn součinností tří hydraulických válců, které budou uloženy v nosném rámu. Zdvih jednotky bude zajišťovat zdvihový válec a směrové válce budou zajišťovat pohyb požadovaným směrem. Materiál použitý pro pístnice válců bude z temperované oceli 42CrMo4 s tvrdochromovým povlakem. Všechny segmenty hydraulických válců včetně svarů budou ultrazvukově testovány. Hlavy kulových ložisek budou z temperované oceli 42CrMo4, která musí být kvůli otěruvzdornosti nitridovaná. Hloubka nitridace bude 0,3 – 0,4 mm, přičemž minimální nitridace bude 65±3 HRC. Tělesa kulových ložisek budou z nelegované oceli S355J2G3 se speciální kluznou plochou z materiálu SG-CUaL8. Tělesa ložisek budou navíc opatřena mazacími otvory pro přístup maziva ke kulovým plochám. Tělesa válců budou ultrazvukově testovány a vnitřní průměry budou honovány. Vodicí pouzdra z materiálu 42CrMo4 vnitřní povrch pouzder navařen vrstvou CuAlMn [6].

2.4.1 Hydraulický válec zdvihu

Přímočarý hydromotor kráčení je navržen s přihlédnutím na co největší životnost. Bude součástí kráčivé jednotky a jeho zdvihová síla musí odpovídat požadované nosnosti kráčivé jednotky – např. 130 000 kg; 200 000 kg. Pístnice hydraulického válce a kulová uložení na konci válce budou kované z oceli s vyšší prokalitelností, která je určená pro vysoce namáhané strojní díly a dále nitridované na požadovanou tvrdost. Pánve koulí budou opatřeny povrchovou kluznou vrstvou o tloušťce 6 mm. Válec zdvihu je na jedné straně ukotven do nosného rámu kráčivé jednotky a na straně druhé je uložen v opěrné desce.



Obrázek č.13 Válec zdvihu a válec směrování.

Vertikální uložení válce zdvihu umožňuje kráčivé jednotce dosáhnout požadovaný zdvih pontonu poháněcí stanice nad úroveň terénu při transportu. Průměr pístnice zdvihu bude 220 mm a požadovaný zdvih bude 670 mm.

Uložení válce zdvihu

Zdvhový válec bude umístěn ve svislé poloze. Na spodním kulovém ložisku zdvihového válce bude uložena opěrná deska kráčivé jednotky. Uložení kulových ložisek válce zdvihu bude kryto vysoce odolnými průmyslovými měchy se speciální elastomer-textilní strukturou, která zamezí průniku nečistot do pracovního prostoru pístu. Uložení spodního krycího měchu musí umožňovat volné otáčení opěrné desky.

Pracovní rozsah válce zdvihu

Zdvihová síla válce zdvihu musí zajišťovat požadovanou nosnost kráčivé jednotky, při vyvození měrného tlaku na podložku. Pracovní rozsah válce zdvihu bude přímo ovlivňovat maximální zdvih opěrné desky nad terén a také maximální zdvih pontonu poháněcí stanice nad terén, tedy zvedací pohyby jednotky nebo opěrné desky. Pohyb pístu hydraulického válce bude zajištěn hydraulickým zařízením.

Testování, zkoušky

Kulové ložisko zdvihového válce, pánve koulí, pístnice, hlavy pístů a vodící pouzdra budou kontrolovány ultrazvukem. Těsnost válce zdvihu bude ověřena před samotnou montáží.

2.4.2 Hydraulické válce směrování a základní postup návrhu válce

Přímočarý hydromotor směrování bude součástí odnímatelné kráčivé jednotky a v součinnosti s válcem zdvihu bude zajišťovat pohyb transportované poháněcí stanice v podélném směru, dále bude určovat rychlost pohybu (kroku) a délku kroku poháněcí stanice.

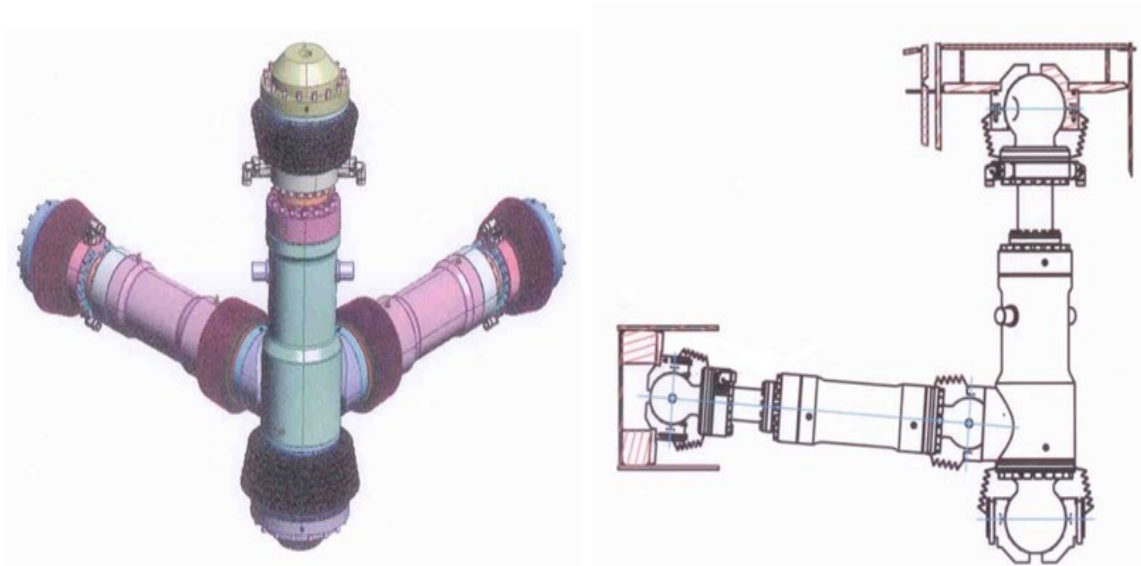
Synchronizace pohybu směrového válce je zajištěna řídicím systémem, který ovládá potřebné hydraulické funkce pro požadovaný směr kráčení – vysouvání, zasouvání [1].

Hydraulický válec směrování má na koncích kulová uložení umožňující natáčení válců. Proti pootáčení válce kolem své osy jsou kulová uložení osazena průchozím čepem s dostatečnou vůlí. Pokud by kulová osazení na obou stranách nebyla opatřena tímto čepem, mohlo by docházet k nadměrnému namáhání tlakového rozvodu hydraulické kapaliny a jeho možnému poškození.

Vzhledem k velké provozní zátěži válce směrování bude technické řešení obsahovat zejména vysoké nároky na materiálové vlastnosti samotného kulového uložení a povrchu pístů včetně vodících pouzder pístnice obdobné jako u válce zdvihu [6].

S přihlédnutím k provozním podmínkám, ve kterých směrový válec bude pracovat, je důležité, aby všechny komponenty výše popsané byly řádně utěsněné a v co možná největší míře bylo zabráněno vniknutí cizích částic do hydraulického systému válce směrování. Z tohoto důvodu bude válec směrování opatřen krycím měchem se speciální elastomer-textilní strukturou. Pro přímé utěsnění kulových ložisek bude aplikována sada těsnících komponentů obsahující stírací kroužky a stírací břit kulového ložiska.

Ukotvení válce směřování je na jedné straně řešeno uložením do válce zdvihu a na druhé straně je řešeno uložením do nosného rámu odnímatelné kráčivé jednotky. Pohyb pístu válce je zajištěn hydraulickou tlakovou kapalinou, která je do válce přivedena pomocí tlakových hadic a rozvodů.



Obrázek č.14 Znárodnění součinnosti hydraulických válců kráčivé jednotky [6] .

Základní postup pro návržení hydraulického válce:

Pro základní výpočet přímočarého hydromotoru musíme vycházet ze známých (daných), nebo navrhovaných technických parametrů:

- | | | |
|------------------------------------|---------------|---------|
| - Síla působící na píst | F | [N] |
| - Maximální tlak v tlakové nádobě | p_{\max} | [Pa] |
| - Rychlost posuvu pístu / vysunutí | v_1 | [m/s] |
| - Rychlost posuvu pístu / zasunutí | v_2 | [m/s] |
| - Délka vysunutého válce | L | [m] |
| - Tlak pojistného ventilu | p_{pv} | [Pa] |
| - Tlak na vstupu hydromotoru | p_1 | [Pa] |
| - Materiál tělesa hydromotoru | | |
| - Pevnost v tahu | σ_{pt} | [MPa] |
| - Dovolené napětí | σ_D | [MPa] |
| - Poisonova konstanta | μ | |

Následným výpočtem navrženého hydromotoru stanovujeme:

- Průměr pístu

- Průměr pístnice
- Návrh materiálu
- Tloušťku stěny tělesa hydromotoru
- Tloušťku dna hydromotoru
- Kontrolu pístnice na vzpěrnou pevnost

Průměr pístu:

- z rovnováhy sil určíme průměr pístu **D**
- zvolíme z katalogu odpovídající průměr pístu
- provedeme kontrolu tlaku na vstupu

Průměr pístnice:

- z rovnice kontinuity určíme průměr pístnice **d**
- opět zvolíme odpovídající průměr pístnice z katalogu
- provedeme kontrolu tlaku na vstupu

Návrh materiálu tělesa:

- navrhujeme materiál, kterému odpovídá dovolené napětí a pevnost v tahu

Tloušťka stěny tělesa hydromotoru:

- při prvotním výpočtu stěny uvažujeme, že se jedná o tenkostěnnou nádobu
- provedeme kontrolní výpočet
- určíme, zda se jedná o tenkostěnnou, nebo tlustostěnnou nádobu
- k vypočítané tloušťce stěny přidáme přídavek na korozi a na opracování

Tloušťka dna hydromotoru:

- provedeme výpočet tloušťky dna a určíme přídavek na opracování a korozi

Kontrola pístnice na vzpěrnou pevnost:

- určíme redukovanou délku pístnice a součinitel **β** , který je závislý na uložení
- určíme moment setrvačnosti plochy průřezu **I**
- určíme poloměr setrvačnosti plochy průřezu **i**
- určíme štíhlost pístnice **λ** a porovnáme ji s mezní štíhlostí **λ_M**
- provedeme kontrolní výpočet
- stanovíme míru bezpečnosti pístnice na vzpěr **k**

Kontrolní výpočet na vzpěrnou pevnost provádíme na základě porovnání štíhlosti pístnice a intervalem mezní štíhlosti. Pokud je vypočtená hodnota štíhlosti pístnice vyšší než interval mezní štíhlosti, provádíme kontrolní výpočet dle **Eulera**. V případě, že je hodnota štíhlosti pístnice menší, tak musíme provést kontrolní výpočet dle **Tetmajera**, který odpovídá kontrolnímu výpočtu na nepružný vzpěr. Tento postup nám může potvrdit správnost předcházejícího výpočtu a zároveň nám vyjádří stupeň bezpečnosti pro navrhovaný přímočarý hydromotor.

Vzhledem k pracovním podmínkám hydraulických válců zdvihu a směrování je důležité při navrhování hydromotoru klást zvláštní pozornost na dobré utěsnění všech kluzných ploch válců. Při možnosti vniknutí mechanických nečistot mezi kluzné plochy dochází k vydírání povrchu a tím k následnému poškození např. pístnic, které se projevuje únikem hydraulické kapaliny a následně nepříznivým chodem kráčivé jednotky.



Obrázek č.15 *Utěsnění kulového uložení stíracím břitem.*

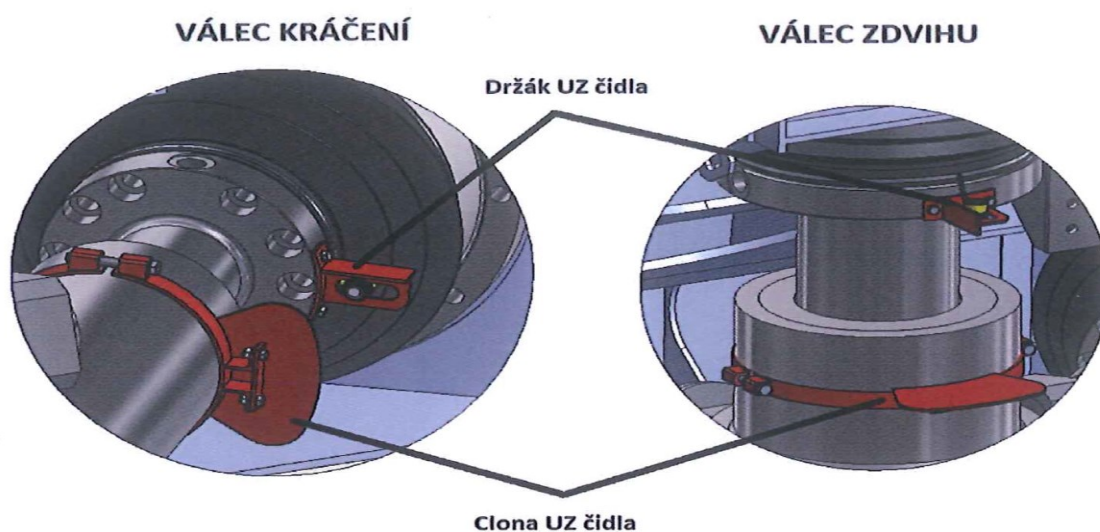
2.5 Hydraulická zařízení

Hydraulická zařízení budou zajišťovat přerozdělení hydraulického oleje od hydrogenerátoru k jednotlivým pracovním válcům pomocí čerpadel podle pokynů řídicího

systému. Jako hlavní prvky, řídící průtok oleje k jednotlivým válcům, budou použity proporcionální rozvaděče. Šoupátka těchto rozvaděčů budou mít schopnost se přestavovat podle úrovně řídicího signálu. Tímto řešením bude zajištěna možnost řídit rychlost pohybu i více válců změnou velikosti řídicího signálu pro přestavení rozvaděčů, i když hydraulický olej dodává pouze jen jedno čerpadlo. Řídící signál tedy bude regulovat nejen velikost průtoku oleje k jednotlivým pracovním válcům, ale také směr pohybu příslušného válce. Součástí zařízení bude integrovaná nádrž na hydraulický olej se snímáním hladiny oleje a jeho teploty. Bude použit olej určený pro vysokotlaké hydrostatické mechanismy s vysokým mechanickým a tepelným namáháním. Hydraulický okruh bude vybaven chladičem s ventilátorem. Rozvod tlakového oleje bude realizován pomocí trubek a vysokotlakých hadic. Tlakové potrubí bude ke konstrukci kráčivé jednotky uchyceno pomocí plastových úchytek, které budou umožňovat snadnou demontáž.

2.6 Elektrická zařízení

Kráčivé jednotky budou připojeny k poháněcí stanici pomocí přívodního kabelu a zástrčky. V silovém rozvaděči budou přívodní kabely ukončeny. Všechny kráčivé jednotky budou mezi sebou propojeny kabelem pro přenos signálu a ovládacím kabelem pro nouzové vypnutí všech jednotek. Ovládací pult včetně vizualizačního panelu bude umístěn na ochoze kráčivé jednotky v ovládací skřínce a bude tak chráněn před poškozením. Vzájemnou kinematickou vazbu pohybu krokových (směrových) válců jedné jednotky a synchronizaci pohybů všech připojených jednotek bude zajišťovat software řídicího systému. Pro snímání pohybu (indikace polohy hydraulických válců) budou použita ultrazvuková čidla. Clony ultrazvukových čidel budou umístěny na tělesech hydraulických válců.



Obrázek č.16 Umístění držáků a clon ultrazvukových čidel indikace polohy válců.

2.7 Příslušenství

Rám nosné konstrukce bude přizpůsoben tak, aby bylo možné jednotku připojit na poháněcí stanice rozdílné šíře dle návrhu. Z tohoto důvodu bude poháněcí stanice vybavena přechodovými elementy. Montáž přechodových elementů se provede pomocí šroubového styku. Uchycení kráčivých jednotek k táhlům poháněcí stanice bude realizováno pomocí čepů. Pro odstavení kráčivé jednotky z provozu případně pro servisní účely bude součástí kráčivé jednotky jeden kus odkládacího stojanu. Pro zamezení znečištění budou jednotky vybaveny demontovatelným zakrytváním. Pro možnost transportu kráčivých jednotek za pomoci mobilních jeřábů budou vybaveny závěsnými popruhy popř. řetězy.

2.8 Nosná část nutná pro vyvození pohybu a není součástí kráčivé jednotky

2.8.1 Vzpěrná táhla

Tato táhla jsou součástí transportované pontonové poháněcí stanice a jsou ukotvena k záchytným v pontonu poháněcí stanice pomocí válcových čepů se zajištěním a na druhé straně k horním závěsům kráčivých jednotek. V případě, že se neprovádí transport a nejsou k poháněcí stanici ukotveny kráčivé jednotky, zůstávají vzpěrná táhla jednostranně začepována v záchytech a odložena na pontonu poháněcí stanice.

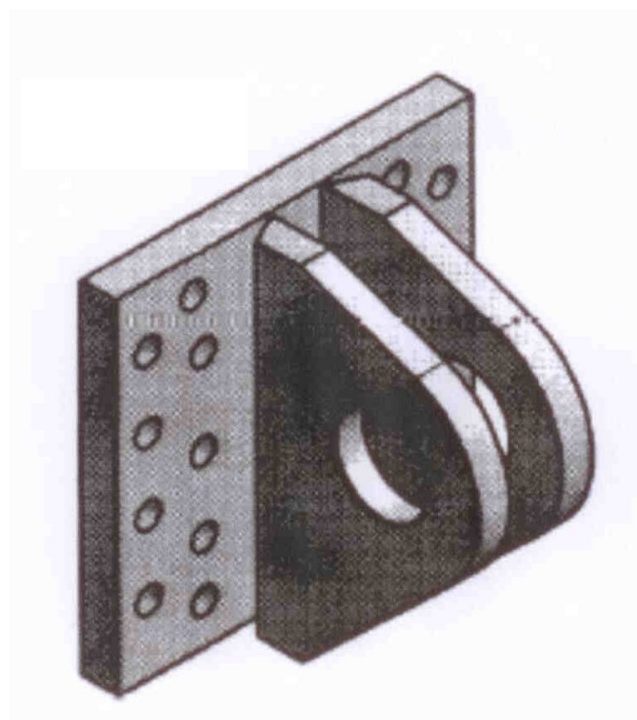


Obrázek č.17 Ponton poháněcí stanice šíře 1800 mm při výrobě.

Před každým použitím je důležité očistit táhla od spadného materiálu, popřípadě zbavit zmrazků. Následně se provádí kontrola táhel zejména na viditelnou deformaci a poškození. Pro stanici šíře 1800 mm připadají dva kusy vzpěrných táhel na jednu kráčivou jednotku.

2.8.2 Přechodový element

Přechodový element se upevní na přípojnou desku pontonu poháněcí stanice pomocí šroubového spoje. Materiál šroubů je z oceli 15 230 s vysokou minimální mezí kluzu – 735 MPa. Spodní záchyty kráčivých jednotek se do přechodového elementu začepují pomocí válcových čepů se zajištěním. Před každým používáním transportního zařízení se provádí kontrola šroubového spoje a stykových ploch. V případě používání přechodových elementů je vždy nutné provést kontrolu dosedací plochy mezi přípojnou deskou poháněcí stanice a přechodovým elementem spodního závěsu z důvodu rovnoměrného rozložení sil ve šroubovém spoji. Tento přechodový element se používá pouze k ukotvení závěsu kráčivých jednotek u typů pontonových poháněcích stanic šíře 1800 mm provedení Transporta Chrudim a šíře 2200 mm provedení Weserhutte. U poháněcích stanic šíře 1800 mm provedení Noen a.s. se tyto elementy nevyužívají.



Obrázek č.18 Přechodový element spodního závěsu.

2.8.3 Stabilizační prvky

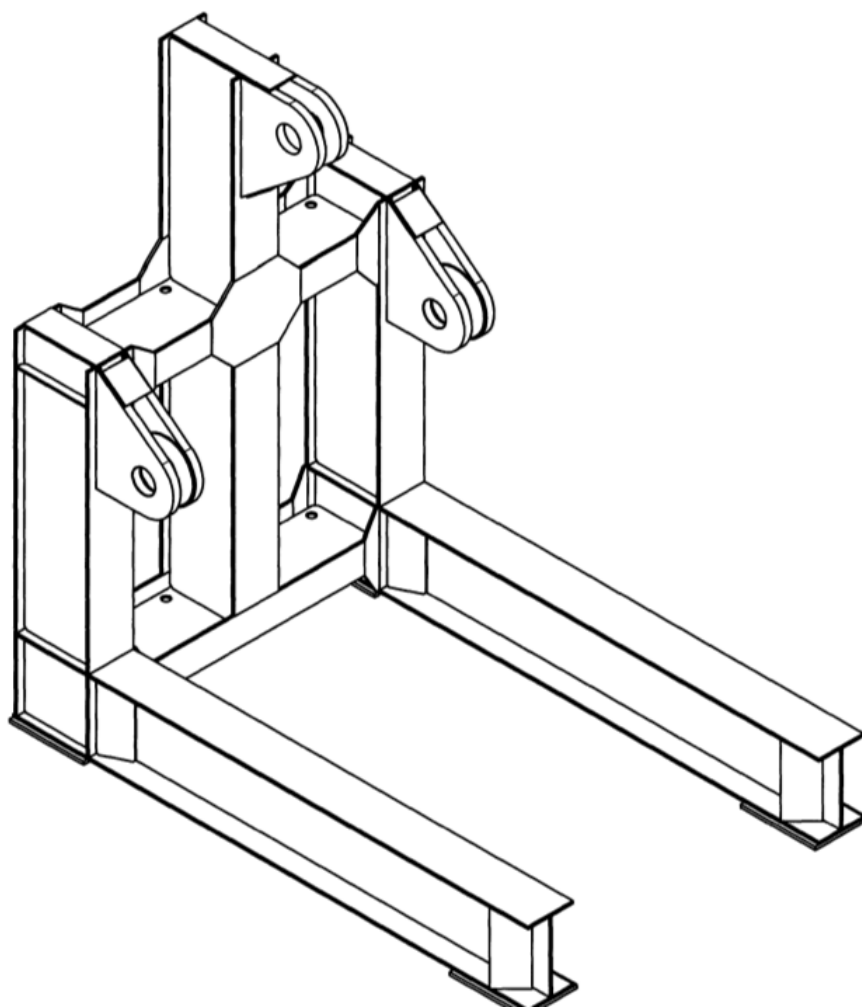
Pokud dojde k odpojení kráčivých jednotek od pontonu poháněcí stanice a kráčivá jednotka není umístěna do pomocného stojanu, zajistíme použitím stabilizačních opěr

celkovou stabilitu nosného rámu odstavené kráčivé jednotky. Opěra se zakotví v nosném rámu kráčivé jednotky a po spuštění trubkové nohy se opře o opěrnou desku. Na jednu kráčivou jednotku připadají dva kusy těchto stabilizačních opěr. Při používání těchto opěr musíme vždy dbát na únosnost podložky.

Dalším stabilizačním prvkem jsou pružiny, které jsou uchyceny na opěrné desce a nosném rámu. Předepnutím těchto pružin dojde ke stabilizaci opěrné desky. Předepnutí dosáhneme pomocí utahování centrální matice.

2.8.4 Stojan kráčivé jednotky

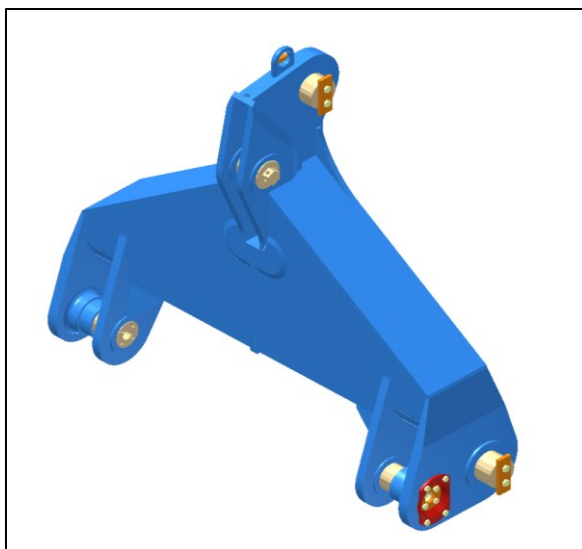
Stojan slouží k ukotvení kráčivé jednotky mimo ponton poháněcí stanice. Kráčivá jednotka je ukotvena k rámu stojanu pomocí válcových čepů. Použitím stojanu je dosaženo požadované stability demontované kráčivé jednotky. Ukotvení do stojanu se s výhodou využívá při dlouhodobém odstavení kráčivé jednotky nebo pro seřizovací a opravné práce menšího rozsahu. Tento stojan se nesmí používat jako tažný prostředek pro transport kráčivých jednotek.



Obrázek č.19 Servisní stojan kráčivé jednotky. [8]

2.8.5 Adaptér kráčivé jednotky

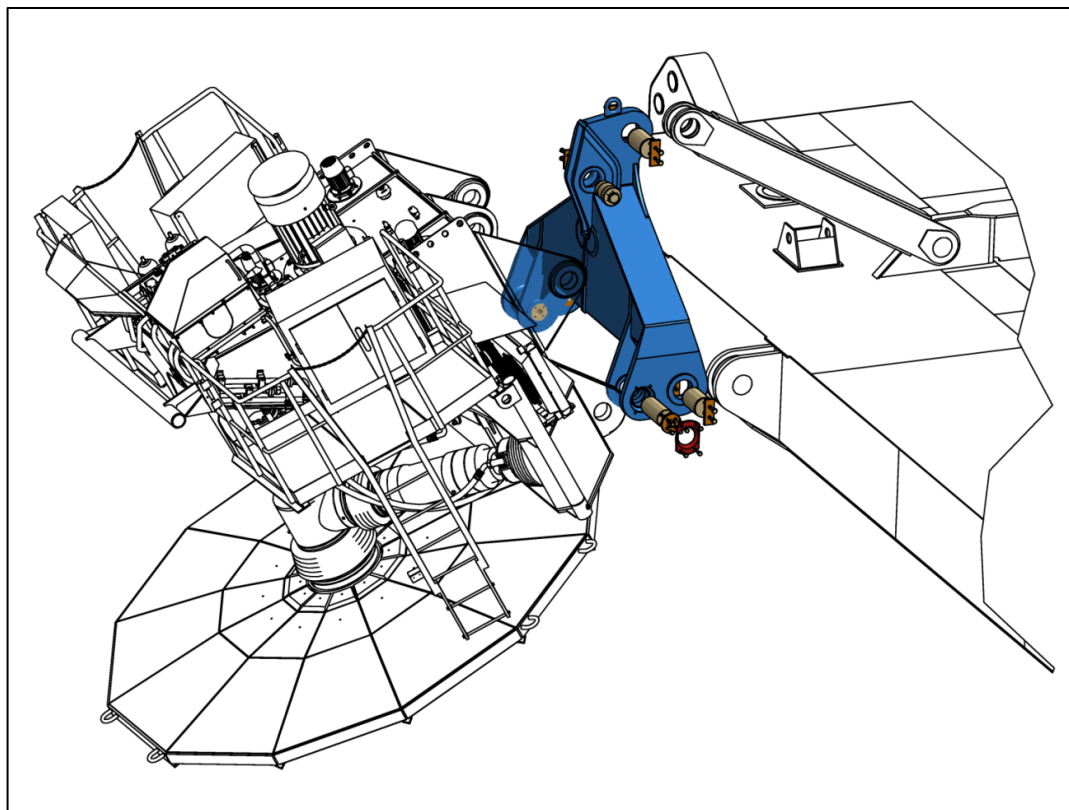
Odnímatelný adaptér svojí konstrukcí umožňuje připojení jednotek OKJ 130 (zdvih 4 x 130 000 kg) k pontonům poháněcích stanic o šířce konstrukce 2250 mm, pro které se při transportu využívají výhradně odnímatelné kráčivé jednotky o vyšší zdvihové síle tzn OKJ 200 (zdvih 4 x 200 000 kg). Požadavek návrhu odnímatelného adaptéru vznikl na základě potřeby realizovat transport hmotnostně největších poháněcích stanic DPD při odstavení OKJ 200 z provozu. Dalším důležitým faktorem pro vznik konstrukčního návrhu adaptéru, které by splňovaly zadání pro transport s OKJ 130, byla potřeba operativního řešení plynoucího z těžby skrývky – např. skluz hornin, sesednutí výsypky atp. Při jeho používání musí být dodrženy všechny pokyny obsažené v provozní dokumentaci pro jednotlivé kráčivé jednotky především s důrazem na montáž jednotek k poháněcím stanicím dálkové pásové dopravy.



Obrázek č. 20 Odnímatelný adaptér s příslušenstvím.

Adaptér je navržen pouze na připojení jednotek OKJ 130 na pontony se závěsy primárně určenými pro jednotky OKJ 200. Je dimenzován na maximální nosnost jednotek OKJ 130. Vzhledem k hmotnosti přesouvané poháněcí stanice šíře 2250 mm, která je 400 t., je zdvihová síla hydraulického válce zdvihu OKJ 130 téměř plně využita. Z tohoto důvodu je nutné provést transport poháněcí stanice tohoto typu s demontovaným náběhový dílem, popřípadě se musí provést další korekce hmotnosti poháněcí stanice. Po korekci hmotnosti poháněcí stanice je dalším limitujícím faktorem pro transport za využití adaptéru v součinnosti s OKJ 130 příprava transportní trasy. V případě transportu v těžkých klimatických podmínkách s nevyhovujícími parametry transportní trasy může dojít k zaboření poháněcí stanice, což při omezené zdvihové síle hydraulického válce zdvihu může vést k poškození zařízení.

Z těchto důvodů se transport poháněcích stanic za využití adaptérů realizuje pouze ve výjimečných případech, nejlépe na dobývací straně lomu vzhledem k lepší únosnosti podložky (terénu).



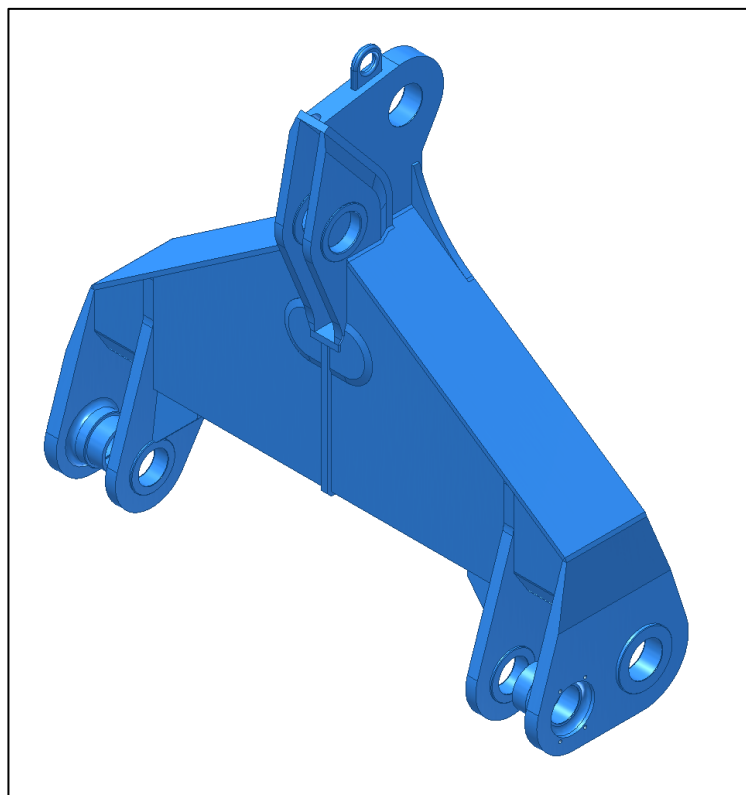
Obrázek č. 21 Odnímatelný adaptér, montáž k pontonu poháněcí stanice š. 2250 mm a OKJ.

Technický popis adaptéru - rám

Rám adaptéru je svařenec trojúhelníkového uzavřeného tvaru z ocelových plechů. Ve spodní části rámu adaptéru jsou na každém rohu vevařeny dva silné plechy s otvory, které slouží pro ukotvení do závěsů na pontonu a zároveň pro uchycení spodních úchyťů jednotky OKJ 130. Střední část rámu slouží k přenosu sil ze středního oka jednotky OKJ 130 do vzpěrného táhla pontonu stanice [12].

Materiál dílů rámu je z oceli jakosti 11 523 a materiál vysoce namáhaných částí, jako jsou náboje čepů nebo oko v místě vzpěry, je z oceli jakosti S690. Rám je v horní části vybaven záchytným prvkem určeným k zavěšení na hák jeřábu. Umístění kotevních bodů na rámu je řešeno tak, aby jednotka OKJ 130 měla zajištěné stejné parametry zdvihu (stejný krok pod i nad spodní hranou pontonu) jako na menších stanicích. Zároveň i osa zdvihového válce jednotky OKJ 130 je ve stejné ose jako u jednotek OKJ 200, což zaručí nezvětšené namáhání pontonu a upevňovacích prvků [6].

Vzhledem k celoročnímu využití adaptéru za všech klimatických podmínek je důležité, aby byl rám adaptéru povrchově ošetřen ochrannými nátěry a součásti čepového uložení byly při každém odstavení adaptéru uschovány a pečlivě nakonzervovány.



Obrázek č. 22 *Odnímatelný adaptér, rám.*

Technický popis adaptéru – čepy:

Spodní dutý čep ø150 mm

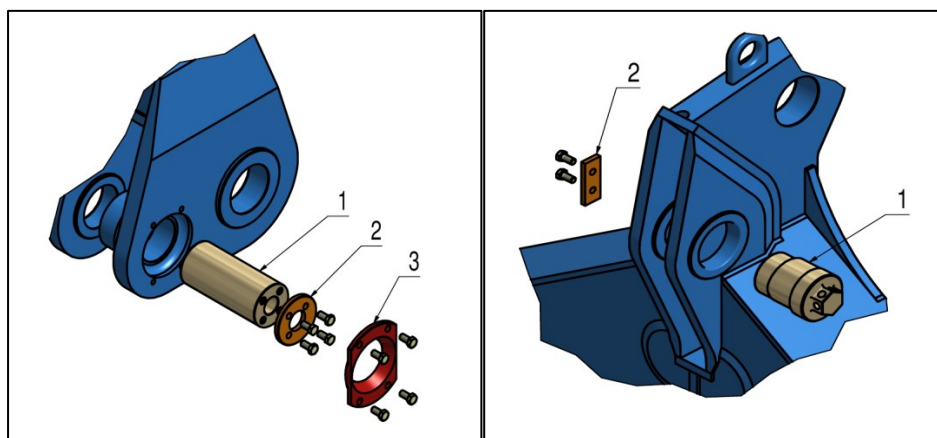
Tyto čepy slouží pro ukotvení spodních kotvících úchytlů jednotky OKJ 130 do spodních dvojitých ok rámu adaptéru. Pro snížení hmotnosti a zlepšení manipulovatelnosti je čep dutý. Materiál čepů je z legované oceli jakosti 15 241.7.

Čepy jsou axiálně zajištěny z vnější (přístupnější) strany pomocí dvou příložek. Každá příložka drží čep v jednom směru. Díky tomuto řešení je možné při demontáži čep vytlouci a nemusí být tedy demontován vytažením. Čep má zapuštěné závity, aby byla snížena možnost jejich poškození při montáži [12].

Horní excentrický čep

Tento čep slouží pro ukotvení horního závěsu jednotky OKJ 130 do horních dvojitých ok rámu adaptéru. Čep je excentrický s průměry ø140/ø150/ø160 mm pro zajištění snadné

montáže jednotky OKJ 130. Čep je vyroben z legované oceli jakosti 15 241.7. Čep je z jedné strany axiálně pojištěn šroubovanou příložkou. Na druhé straně je čep vybaven šestihranem s otvory umožňující dotažení čepu.

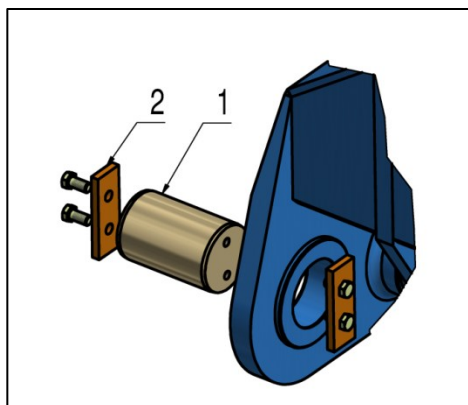


Obrázek č. 23 Odnímatelný adaptér, spodní dutý čep a horní excentrický čep.

Válcový čep ø150

Tyto čepy slouží k začepování adaptéru k pontonu a vzpěrnému táhlu stanice š. 2250 mm. Tvar čepů je válcový a je vyroben z ocele jakosti 12 060.6.

Čep je axiálně pojištěn přišroubovanými příložkami z obou stran [12].



Obrázek č. 24 Odnímatelný adaptér, válcový čep.

2.8.6 Montáž adaptéru kráčivé jednotky

Montáž adaptéru spočívá ve dvou základních krocích. Montáž adaptéru na jednotku OKJ 130 a následně na ponton stanice (**varianta 1**) nebo montáž adaptéru na ponton stanice a následně montáž jednotky na adaptér (**varianta 2**). Jedná se tedy o dvě varianty montáže adaptéru. Výběr varianty spočívá v posouzení technických parametrů použité zvedací techniky a na konkrétní situaci u poháněcí stanice určené pro transport [12].

Pro obě varianty platí následující pokyny:

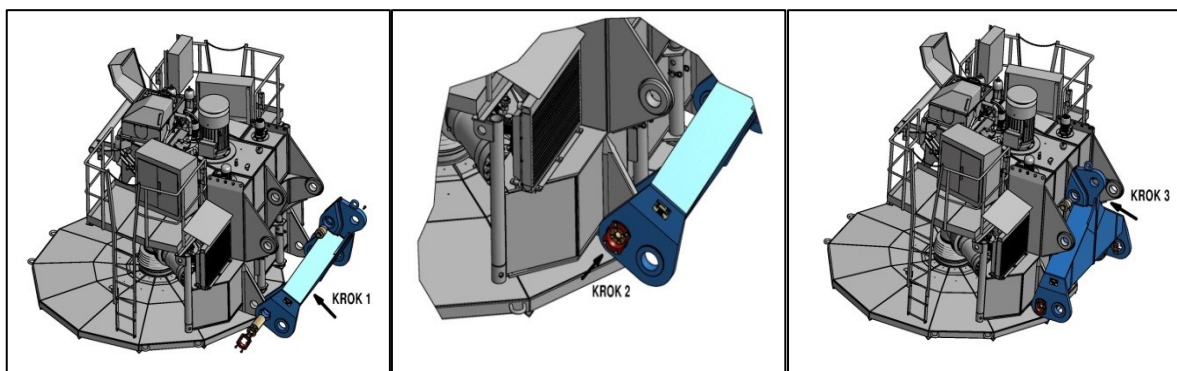
- Vizuálně zkontrolovat stav adaptéru – vady, které by mohly negativně ovlivnit bezpečnost transportu (např. praskliny v okolí otvorů pro čepy apod.), nejsou přípustné a musí být před montáží vhodně opraveny.
- Vizuálně zkontrolovat stav připojovacích ok a vzpěrných táhel na pontonu stanice, nesmí se vyskytovat žádné poškození bránící montáži adaptéru a jeho bezpečnému použití
- Všechny čepy před montáží očistit a lehce natřít mazacím tukem
- Je nutné použít vhodné vázací prostředky
- Dodržovat bezpečnostní pokyny při provozu a stejně tak při manipulaci
- Pod zvednutou jednotkou OKJ 130, resp. adaptérem se nesmí nikdo pohybovat, dokud není připevněna pomocí všech čepů k připevněnému adaptéru, resp. k pontonu stanice
- Jednotka, resp. adaptér, se nesmí uvolňovat z úvazků jeřábu, dokud není připevněna pomocí všech čepů k připevněnému adaptéru resp. k pontonu stanice (případně do stojanu)

Montáž – varianta 1

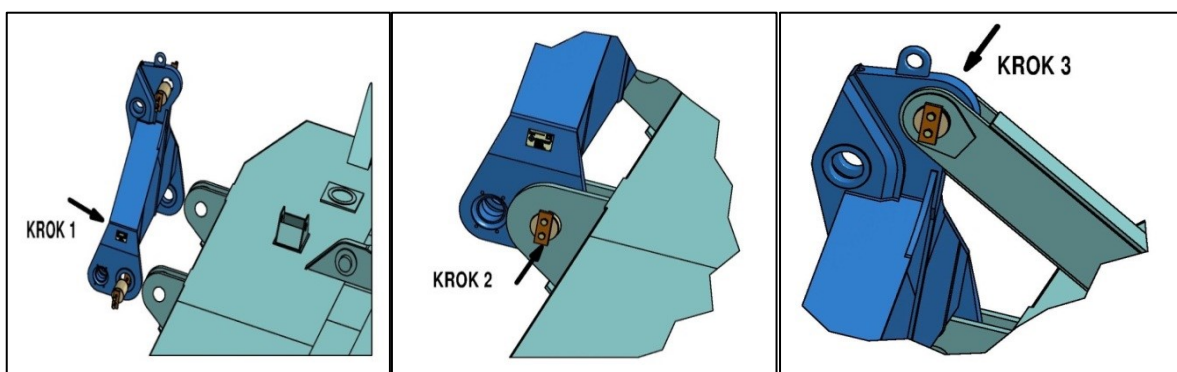
Jednotku lze snadněji začepovat nejdříve do spodních ok pontonu, protože adaptér se nejdříve zavěsí přes spodní duté čepy do spodních ok jednotky OKJ 130 a poté přes horní excentrický čep do horního oka jednotky. Spolu s jednotkou se za pomoci válcových čepů $\varnothing 150$ mm zavěsí na ponton PS a do stávajících vzpěrných táhel pontonu. Zde je třeba počítat se zvedáním těžšího břemene (OKJ + adaptér) a zvolit vhodnou manipulační techniku a úpravu pláň.

Montáž - varianta 2

Adaptér se zavěsí na ponton poháněcí stanice za pomoci čepů $\varnothing 150$ a stávajících vzpěrných táhel na pontonu. Do takto začepovaného adaptéru se zavěsí jednotka OKJ 130. Nejprve přes spodní duté čepy a potom přes horní excentrický čep. Všechny čepy se zajistí proti axiálnímu posunutí. Výhodou je, že při této variantě dochází k manipulaci s lehčími břemeny – OKJ 130 a adaptér zvlášť. Nevýhodou je, že pokud je poháněcí stanice ve sklonu, obtížněji se bude jednotka OKJ 130 zavěšovat do adaptéru, který je již v tu chvíli „napevno“ začepován do pontonu stanice.



Obrázek č. 25 Montáž adaptéru, varianta 1.



Obrázek č. 26 Montáž adaptéru, varianta 2.

2.9 Základní technické parametry navrhované kráčivé jednotky

Konstrukční návrh odnímatelné kráčivé jednotky musí vycházet z požadavků provozovatele zařízení, dále z dobré znalosti prostředí, ve kterém bude zařízení provozováno. Provozovatel zařízení je většinou schopen detailně specifikovat potřeby, pro které si zařízení pořizuje. Je znám rozsah činností, které zařízení bude plnit. Je známo prostředí, ve kterém se bude zařízení provozovat. Všechny ostatní parametry jsou poskytovány výrobcem, včetně rozsahu odborných prohlídek a údržby. Při zadávání konstrukčních návrhů transportních zařízení se vždy vychází ze zkušeností provozovatele s obdobným zařízením a ze zkušeností výrobce.

Tab.2 Parametry požadované provozovatelem na výrobce zařízení:

Nosnost	130 000 kg
Rozsah provozních teplot	-20°C až + 40°C
Napájecí napětí	500 V
Hmotnost kráčivé jednotky celková	max. 25 000 kg
Požadovaný počet kusů	4 kusy

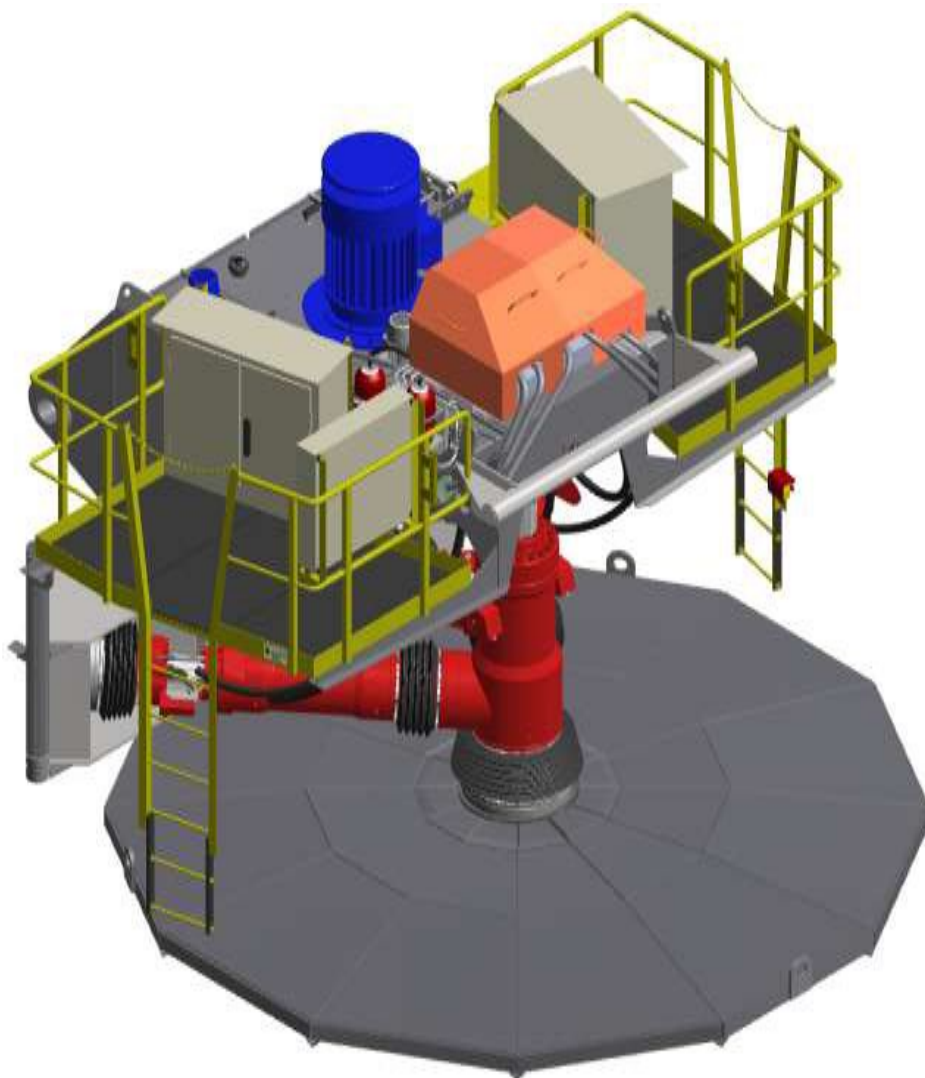
Tab.3 Parametry dodané výrobcem zařízení:

Celková hmotnost	24 050 kg
Zdvihová síla	1 422 kN
Rychlost kráčení maximální	2 m/min.
Jmenovitý měrný tlak při maximálním zatížení	0,09 MPa
Rozteč ok k uchycení k pontonu - svislá	1,5 m
Rozteč ok k uchycení k pontonu - vodorovná	1,95 m
Délka kroku	0,5 m
Provozní zdvih pontonu nad terén, maximální	0,338 m
Maximální povolený sklon – podélný směr	1 : 7
Maximální povolený sklon – příčný směr	1 : 15
Tlak v hydraulickém systému, maximální	20 MPa
Objem olejové nádrže	1 200 litrů
Výkon hlavního čerpadla, provozní	230 litrů/min.
Olejové a tukové náplně	Cca 1 250 kg
Příkon elektromotoru hlavního čerpadla	75 kW
Možnost elektrického připojení k poháněcím stanicím	ano
Použitý druh oleje HVLP ISO VG32	pro celoroční provoz

Maximální rychlost kráčení, která je popsána v tabulce základních technických parametrů, platí pouze pro případ rovné pláně, kdy je zdvih opěrné desky dostačující ve výšce 100 mm. Popis těchto základních technických parametrů je jen částí dodávané technické dokumentace, která slouží později pro samotnou výrobu, provozování a údržbu zařízení.

Schéma konstrukčního návrhu OKJ obsahuje již výše pojmenované (*viz bod č.2*) strojní, hydraulické a elektro. zařízení.

2.10 Konstrukčního návrh odnímatelné kráčivé jednotky



Obrázek č.27 Konstrukční návrh odnímatelné kráčivé jednotky.

3. Základní výpočet nosných částí přesouvacího zařízení

Základní pevnostní výpočet nosného rámu bude obsahovat dvě části. První část bude zaměřena na nosné části, které nejsou přímou součástí nosného rámu odnímatelné kráčivé jednotky, ale přímo ovlivňují samotnou funkčnost nosného rámu kráčivé jednotky. V této části se zaměřím na správné zavedení sil a průběh reakcí.

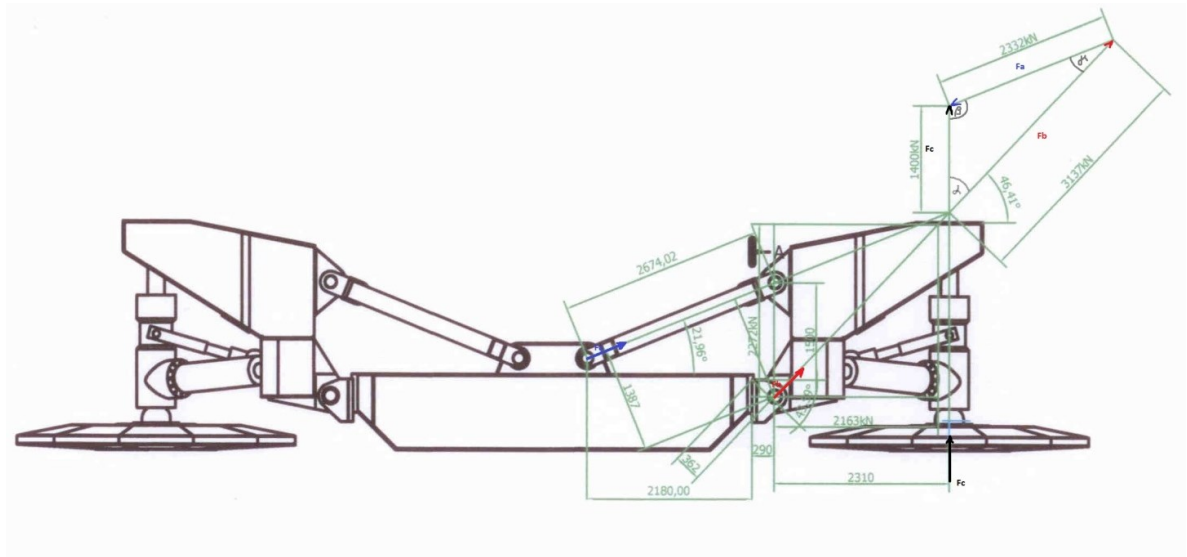
Protože se jedná o přesouvací zařízení, které je na Dolech Bílina již používáno, budu při stanovení průběhu reakcí uvažovat o působící síle stejné velikosti. Dále provedu kontrolu šroubového spoje uložení kráčivé jednotky do pontonu poháněcí stanice a kontrolu čepů na ohyb [4]. Následně provedu kontrolu uložení čepů v táhlech na otlačení [5]. Průběh reakcí a působící síla jsou znázorněny na schematickém obrázku geometrie kráčivé jednotky.

Postup pevnostního výpočtu kontrolovaných částí:

- 1. Zavedení průběhu reakcí a působící síly**
- 2. Výpočet velikosti reakce v čepu táhla**
- 3. Výpočet velikosti reakce v čepu spodního přechodového elementu**
- 4. Kontrola šroubového spoje uložení kráčivé jednotky do pontonu**
- 5. Kontrola čepů na ohyb**
- 6. Kontrola uložení táhel na otlačení**

Ve druhé části pevnostního výpočtu se zaměřím na výpočet nosného rámu, který je součástí odnímatelné kráčivé jednotky. Tento rám tvoří svařenec z plechů. Z důvodu složitého pevnostního výpočtu jsem se rozhodl pro provedení schematického znázornění části výpočtu a pro doložení celkového pevnostního výpočtu nosného rámu jsem použil kontrolu pevnosti metodou konečných prvků.

Schematicky znázorněná část výpočtu bude obsahovat průběh zatěžující síly v místě řezu nosné části kráčivé jednotky.

Část první:**3.1 Zavedení průběhu reakcí a působící síly****Obrázek č. 28** Geometrie zavěšení kráčivých jednotek [14].**3.2 Výpočet velikosti reakce v čepu táhla**

Výpočet reakcí pro poháněcí stanici osazenou dvěma kusy kráčivých jednotek:

Z geometrie osazení čepu táhla je dán úhel $\underline{\delta} = 21,96^\circ$ pro reakci \underline{F}_a , která působí v místě uchycení vzpěrných táhlech k pontonu poháněcí stanice a úhel $\underline{\omega} = 46,42^\circ$ pro reakci \underline{F}_b , která působí v čepu spodního držícího adaptéru. Působící síla $\underline{F}_c = 1\,400\text{ kN}$.

$$90^\circ - \omega = \alpha = 90^\circ - 46,42^\circ = 43,58^\circ = 44^\circ$$

$$\delta + 90^\circ = \beta = 22^\circ + 90^\circ = 112^\circ$$

$$180^\circ - \beta - \alpha = \gamma = 180^\circ - 112^\circ - 44^\circ = 24^\circ$$

$$\frac{F_a}{\sin \alpha} = \frac{F_b}{\sin \beta} = \frac{F_c}{\sin \gamma}$$

$$\frac{F_a}{\sin 44^\circ} = \frac{F_b}{\sin 112^\circ} = \frac{F_c}{\sin 24^\circ} \rightarrow F_b = \frac{\sin 112^\circ}{\sin 24^\circ} \cdot 1400 = \frac{0,927}{0,41} \cdot 1400 = 2,26 \cdot 1400 = 3\,164\text{ kN}$$

$$\rightarrow F_a = \frac{\sin 44^\circ}{\sin 24^\circ} \cdot 1400 = \frac{0,7}{0,41} \cdot 1400 = 1,7 \cdot 1400 = 2\,380\text{ kN}$$

Výpočet reakcí pro poháněcí stanici osazenou čtyřmi kusy kráčivých jednotek:

Z geometrie osazení čepu táhla je dán úhel $\underline{\delta} = 32^\circ$ pro reakci \underline{F}_a , která působí v místě uchycení vzpěrných táhlech k pontonu poháněcí stanice a úhel $\underline{\omega} = 46,42^\circ$ pro reakci \underline{F}_b , která působí v čepu spodního držícího adaptéru. Působící síla $\underline{F}_c = 1\,400\text{ kN}$.

$$90^\circ - \omega = \alpha = 90^\circ - 52^\circ = 38^\circ$$

$$\delta + 90^\circ = \beta = 32^\circ + 90^\circ = 122^\circ$$

$$180^\circ - \beta - \alpha = \gamma = 180^\circ - 122^\circ - 38^\circ = 20^\circ$$

$$\frac{F_a}{\sin \alpha} = \frac{F_b}{\sin \beta} = \frac{F_c}{\sin \gamma}$$

$$F_b = \frac{\sin 122^\circ}{\sin 20^\circ} \cdot 1400 = \frac{0,85}{0,34} \cdot 1400 = 2,5 \cdot 1400 = 3\,500 \text{ kN}$$

$$F_a = \frac{\sin 38^\circ}{\sin 20^\circ} \cdot 1400 = \frac{0,62}{0,34} \cdot 1400 = 1,8 \cdot 1400 = 2\,520 \text{ kN}$$

3.3 Výpočet velikosti reakce v čepu spodního přechodového elementu

Výpočet reakcí pro poháněcí stanici osazenou dvěma kusy kráčivých jednotek:

$$F_{ax} = F_a \cdot \cos \delta = 2\,380 \cdot \cos 22^\circ = 2\,380 \cdot 0,93 = 2\,214 \text{ kN}$$

$$F_{ay} = F_a \cdot \sin \delta = 2\,380 \cdot \sin 22^\circ = 2\,380 \cdot 0,375 = 893 \text{ kN}$$

$$F_{bx} = F_b \cdot \cos \omega = 3\,164 \cdot \cos 46^\circ = 3\,164 \cdot 0,7 = 2\,215 \text{ kN}$$

$$F_{by} = F_b \cdot \sin \omega = 3\,164 \cdot \sin 46^\circ = 3\,164 \cdot 0,72 = 2\,278 \text{ kN}$$

Výpočet reakcí pro poháněcí stanici osazenou čtyřmi kusy kráčivých jednotek:

$$F_{ax} = F_a \cdot \cos \delta = 2\,520 \cdot \cos 32^\circ = 2\,520 \cdot 0,85 = 2\,142 \text{ kN}$$

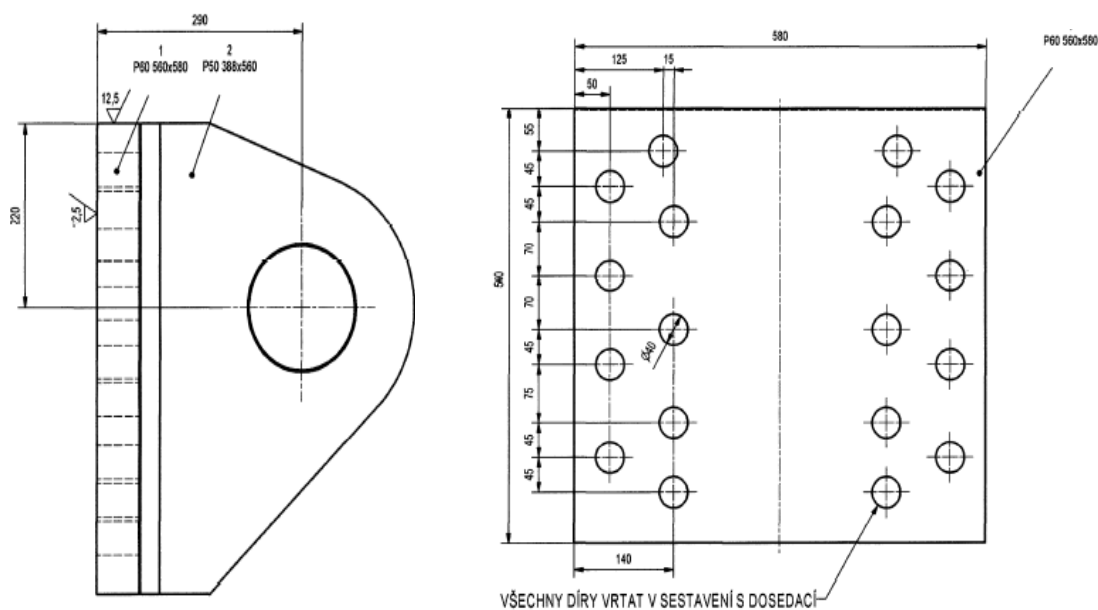
$$F_{ay} = F_a \cdot \sin \delta = 2\,520 \cdot \sin 32^\circ = 2\,520 \cdot 0,53 = 1\,336 \text{ kN}$$

$$F_{bx} = F_b \cdot \cos \omega = 3\,500 \cdot \cos 52^\circ = 3\,500 \cdot 0,62 = 2\,170 \text{ kN}$$

$$F_{by} = F_b \cdot \sin \omega = 3\,500 \cdot \sin 52^\circ = 3\,500 \cdot 0,79 = 2\,765 \text{ kN}$$

3.4 Kontrola šroubového spoje uložení kráčivé jednotky do pontonu

Kontrolu šroubového spoje provedu na uložení poháněcí stanice osazené čtyřmi kusy kráčivých jednotek. Na jeden kus kráčivé jednotky připadají dva přechodové elementy spodního závěsu. Z toho důvodu uvažujeme i velikost reakcí \underline{F}_x a \underline{F}_y jako poloviční.



Obrázek č.29 Styková deska přechodového elementu [7].

Známe působení a směr reakcí \underline{F}_x ; \underline{F}_y , dále známe vzdálenost od středu čepu ke stykové desce $r = 290$ mm, známe počet šroubů i a rozteče šroubů a . Jelikož je deska symetrická, tak můžeme uvažovat \underline{F}_y poloviční.

Stanovení zatěžující síly na šroubový spoj:

$$F_y = \frac{F_{by}}{2} = \frac{2765}{2} = 1382,5 \text{ kN} ; F_x = \frac{F_{bx}}{2} = \frac{2170}{2} = 1085 \text{ kN}$$

Obecně:

$$F \cdot r = F_1 \cdot a_1 + F_2 \cdot a_2 + F_3 \cdot a_3 + \dots + F_{\max} \cdot a_{\max}$$

$$\frac{F_1}{a_1} = \frac{F_2}{a_2} = \frac{F_3}{a_3} \dots \dots \frac{F_{\max}}{a_{\max}} \rightarrow F_i = \frac{a_i}{a_{\max}} \cdot F_{\max}$$

$$F \cdot r = \frac{a_1}{a_{\max}} \cdot F_{\max} \cdot a_1 + \frac{a_2}{a_{\max}} \cdot F_{\max} \cdot a_2 + \dots + \frac{a_{\max}}{a_{\max}} \cdot F_{\max} \cdot a_{\max}$$

$$F \cdot r = \frac{F_{\max}}{a_{\max}} \cdot \Sigma a_i^2 \rightarrow F_{\max} = \frac{F \cdot r \cdot a_{\max}}{\Sigma a_i^2}$$

Pro výpočet zatěžující síly \underline{F}_{\max} šroubu uvažujeme z důvodu symetrické desky s poloviční \underline{F}_y . Dále nám zvyšuje namáhání šroubu poloviční síla \underline{F}_x . Kontrolní výpočet provedeme na počet šroubů i :

$$F_{\max} = \frac{F \cdot r \cdot a_{\max}}{2 \cdot \Sigma a_i^2} + \frac{F_x}{2_i}$$

Kontrolní výpočet pro 7 kusů šroubů:

$$F_{max} = \frac{1\,383 \cdot 290 \cdot 375}{2 \cdot 411\,025} + \frac{1\,085}{2 \cdot 7} = 183 + 78 = 261 \text{ kN}$$

Síla působící na 7 kusů šroubů se rovná 261 kN.

Kontrolní výpočet pro 9 kusů šroubů:

$$F_{max} = \frac{1\,383 \cdot 290 \cdot 490}{2 \cdot 849\,150} + \frac{1\,085}{2 \cdot 9} = 116 + 60 = 176 \text{ kN}$$

Síla působící na 9 kusů šroubů se rovná 176 kN.

Pro šroubový spoj uchycení stykové desky přechodového elementu a nosné části pontonu poháněcí stanice budou použity šrouby M36x180, dle ISO 4014, materiál šroubů je 10.9. Toto označení odpovídá naší třídě 15 230, která se používá pro velmi namáhané strojní díly a šrouby. Vysokopevnostní šrouby budou z oceli kalené, popouštěné s přísadou legujících prvků Mn, Cr.

Mez kluzu v tahu $R_{e\ min.}$ – 735 MPa

Mez pevnosti v tahu R_m – 930 MPa

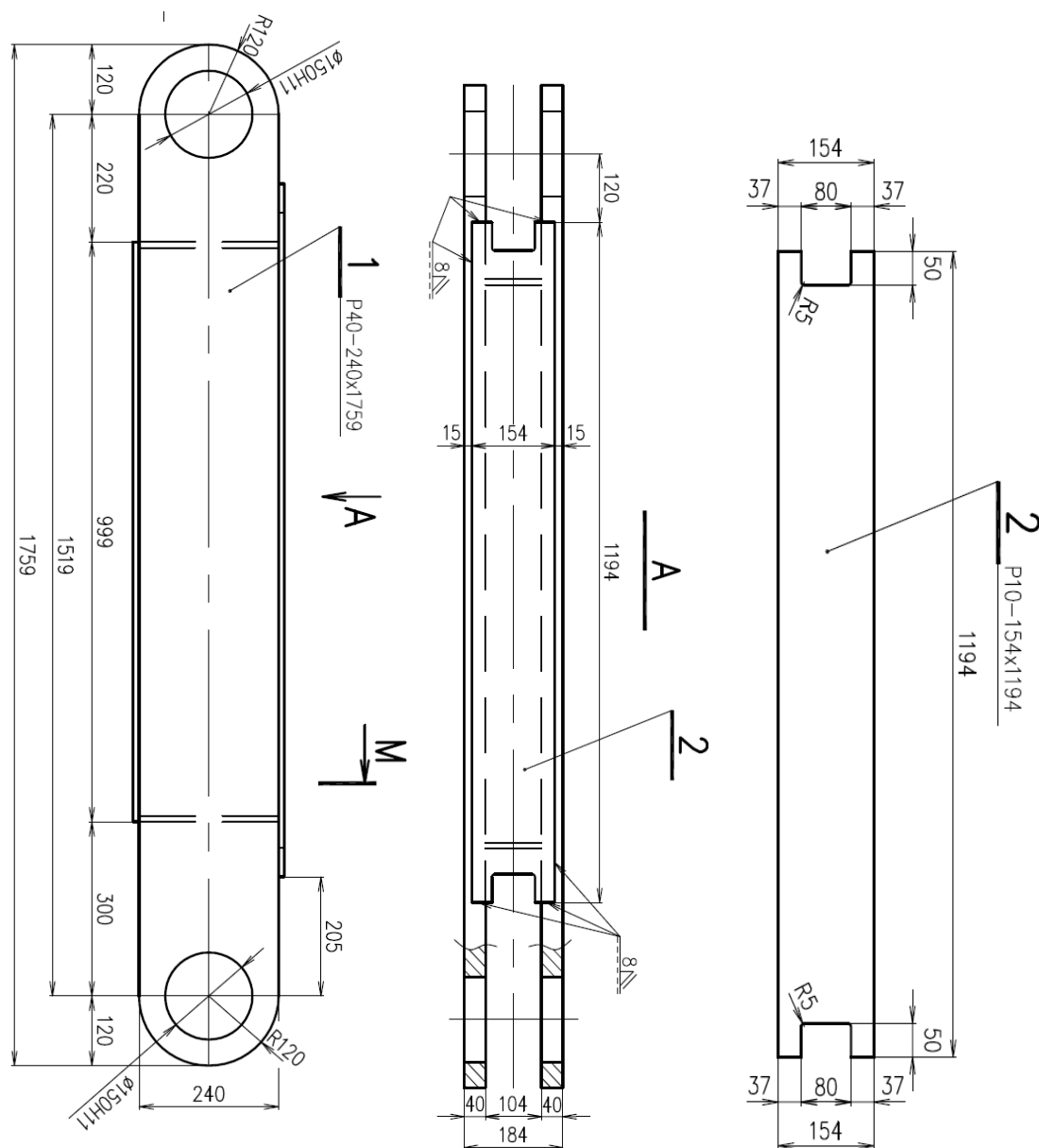
Stykové plochy přechodového elementu se vrtají až po sesazení průměr díry 40 mm. Materiál přechodového elementu je 11 523.1, upravený žiháním.

Mez kluzu v tahu $R_{e\ min.}$ – 350 MPa

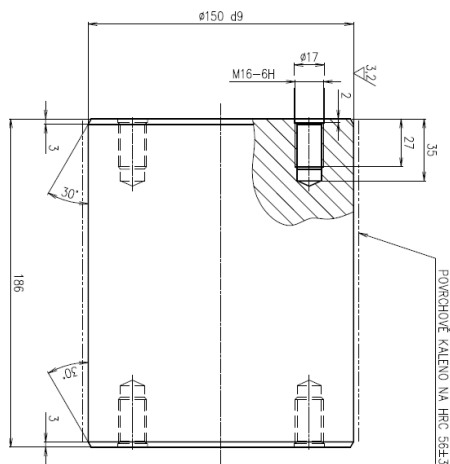
Mez pevnosti v tahu R_m – 630 MPa

3.5 Kontrola čepů na ohyb

Čepové zajištění kráčivé jednotky se realizuje pomocí šesti kusů válcových čepů se zajištěním na každou kráčivou jednotku. Čtyři kusy čepů jsou uchyceny na dvou kusech vzpěrných táhel, které jsou na jedné straně začepovány do uložení na pontonu poháněcí stanice a na straně druhé jsou začepovány do uložení na nosném rámu kráčivé jednotky. Zbývající dva čepy jsou uchyceny ve spodních uloženích na pontonu poháněcí stanice nebo v přechodových elementech. Funkce těchto dvou kusů čepů spočívá v ukotvení nosného rámu kráčivé jednotky ke spodní části pontonu poháněcí stanice [6].



Obrázek č. 30 Vzpěrné táhlo [9].



Obrázek č.31 Válcový čep [10].

Dané hodnoty a známé velikosti působících sil:

$$F = 2\,500 \text{ kN} ; d = 150 \text{ mm}; t = 40 \text{ mm}; b = 80 \text{ mm}$$

Stanovení plochy \underline{S} a modulu kruhového průřezu čepu $\underline{W_o}$:

$$S = \pi \cdot r^2 = \pi \cdot 75^2 = 17\,671 \text{ mm}^2$$

$$W_o = \frac{\pi \cdot d^3}{32} = 331\,340 \text{ mm}^3$$

Odvození smykového napětí při ohybu napětí $\underline{\tau}$:

$$\tau = \frac{F}{2 \cdot S} = 70 \text{ MPa}$$

$$\tau_{\max} = 1,5 \cdot \tau = 105 \text{ MPa} \rightarrow \text{dle Žuravského}$$

Stanovení ohybového momentu $\underline{M_o}$ a stanovení napětí v ohybu $\underline{\sigma_o}$:

$$M_o = \frac{F}{2} \cdot \frac{l}{2} = 1\,250\,000 \cdot 60 = 75 \cdot 10^6$$

$$\sigma_o = \frac{M_o}{W_o} = \frac{75 \cdot 10^6}{331\,340} = 226 \text{ MPa}$$

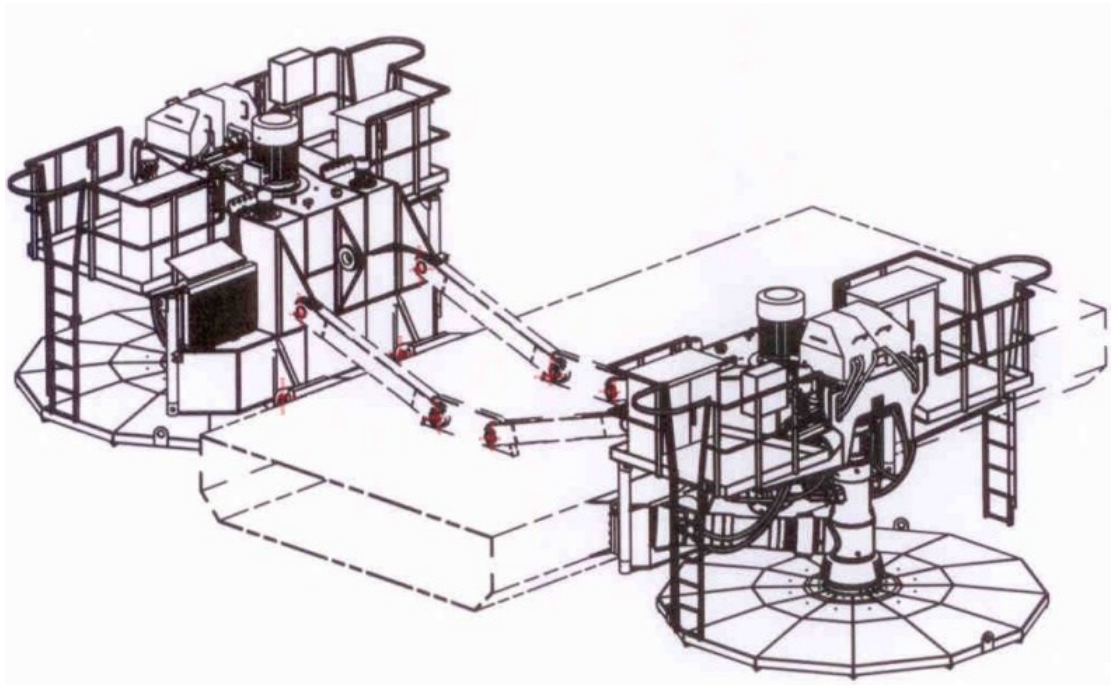
Stanovení redukovaného napětí pro ohyb a smyk $\underline{\sigma_{red}}$:

$$\sigma_{red} = \sqrt{\sigma_o^2 + 3 \cdot \tau^2} = \sqrt{226^2 + 3 \cdot 70^2} = 256 \text{ MPa}$$

3.6 Kontrola uložení táhel na otlačení

Stanovení otlačení v místě čepového uložení táhel \underline{p} :

$$p = \frac{F}{S} = \frac{\frac{F}{2}}{t \cdot d} = \frac{1\,250\,000}{40 \cdot 150} = 208 \text{ MPa}$$

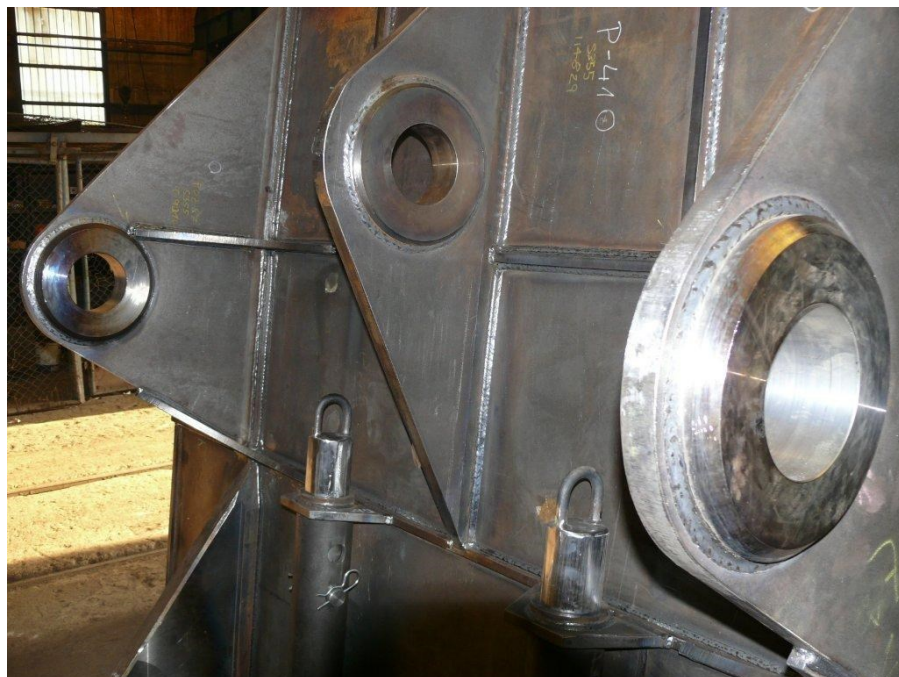


Obrázek č.32 Osazení poháněcí stanice kráčivými jednotkami.

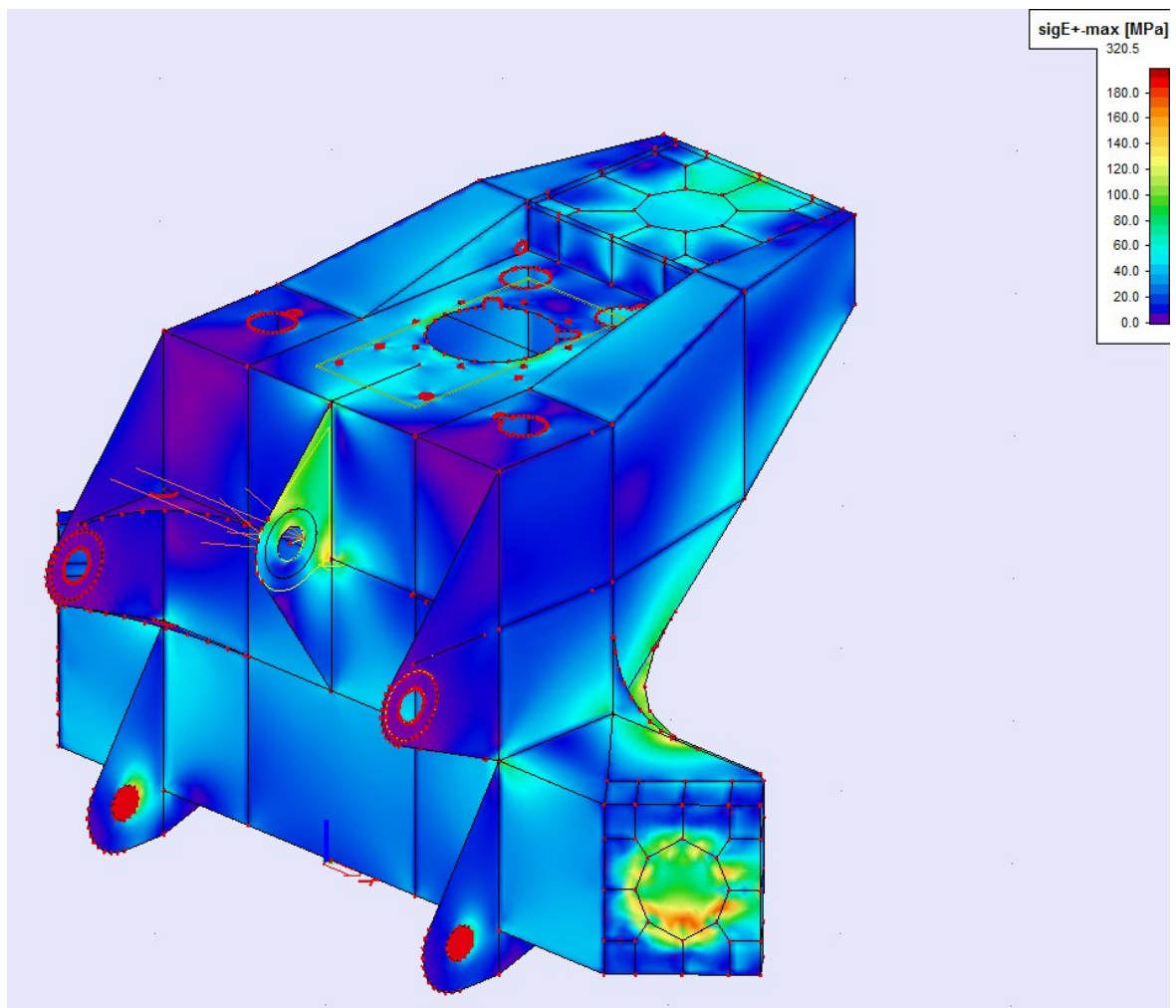
Část druhá:

3.7 Kontrola nosného rámu

V této části pevnostního výpočtu kontrolujeme nosný rám, který je součástí odnímatelné kráčivé jednotky. Vzhledem ke svému složitému profilu je tento svařenec z plechů pevnostně kontrolován pomocí metody konečných prvků programem ANSYS 14.0.



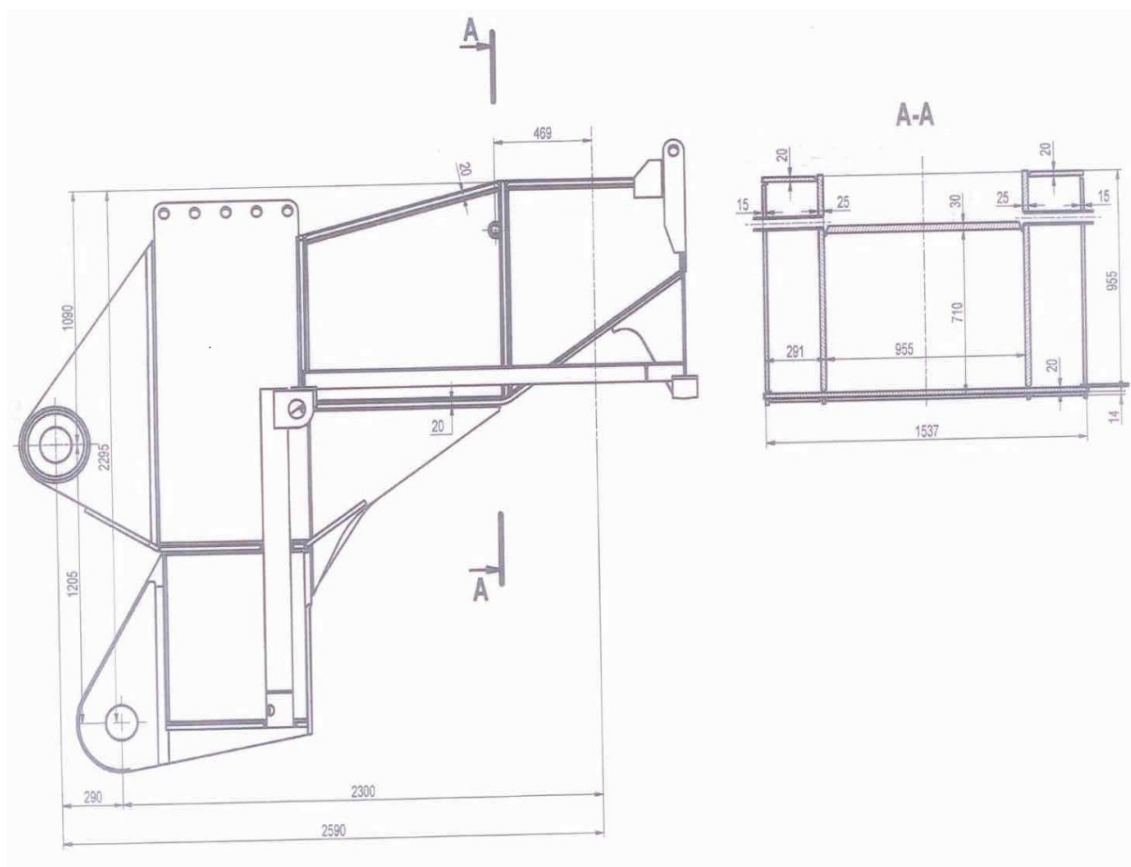
Obrázek č. 33 Výroba nosného rámu kráčivé jednotky.



Obrázek č. 34 Grafické znázornění namáhání nosného rámu v programu ANSYS 14.0

Pro provedení obecného postupu pevnostního výpočtu nosného rámu vycházím z pomyslného řezu nosnou konstrukcí. Pro stanovení průřezových charakteristik složeného průřezu zvoleného profilu obecným výpočtem, bych postupoval takto:

- 1) – určení plochy složeného průřezu \underline{S} v pomyslném řezu $\underline{A-A}$
- 2) – určení polohy těžiště plochy průřezu \underline{T}
- 3) – stanovení maximálního tlakového napětí $\sigma_o tlak$
- 4) – stanovení maximálního tahového napětí $\sigma_o tah$
- 5) – stanovení smykového napětí τ_s
- 6) – stanovení redukovaného napětí σ_{red}



Obrázek č. 35 Znáznornění provedení pomyslného řezu A-A nosného rámu.

Součástí konečného pevnostního řešení nosného rámu je také grafické znázornění pevnostního namáhání nosného rámu v programu ANSYS 14.0, kde jsou přesně identifikovány nejvíce namáhané části tohoto rámu. Pro možnost modelování v grafickém programu je nutné vycházet z těchto zadávacích podmínek:

1) *stanovení okrajových podmínek* – čepové vazby v uložení rámu odnímatelné kráčivé jednotky (OKJ)

2) *zadání zatěžovacích stavů* – tzn. stanovení podmínek pro předpoklad maximálního zatížení:

- Válec zdvihu je zatížen 140 t
- Válce směřování jsou zatíženy 50 t/ks
- OKJ je vykročena ve vzdálenosti 250 mm
- Válec zdvihu je vychýlen od svislé osy ve vazbě na vykročení

3) *vhodnost konstrukce* – posouzení konstrukce z pevnostního hlediska

- Maximální povolené napětí je napětí na mezi kluzu materiálu R_e
- Kontrola v oblasti svarových ploch tzn. u materiálu, který je teplotně ovlivněn se povolené napětí snižuje

4) *materiál rámu OKJ* – prakticky celý z oceli třídy 11 523.1, $R_e = 350$ MPa

5) materiál plechů nosných ok, nákrůžků – ocel S690, $R_e = 690$ MPa

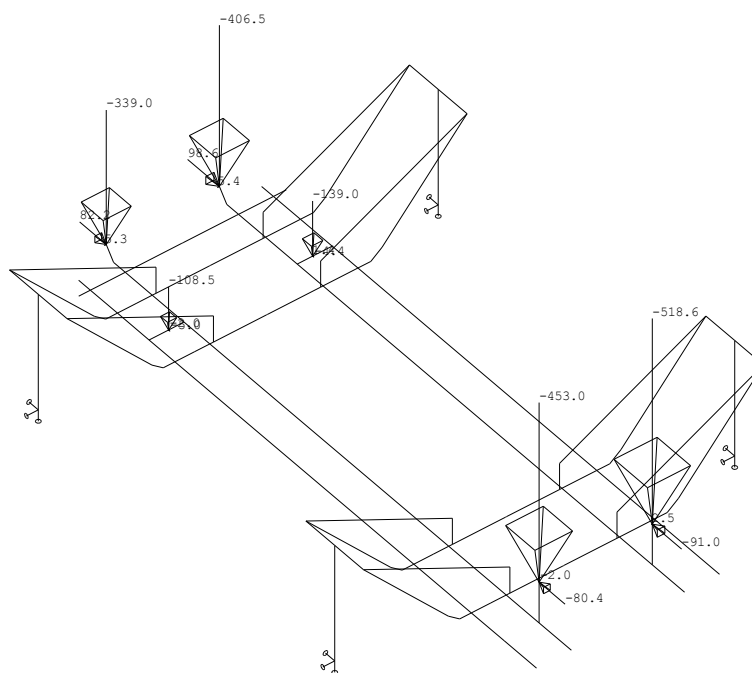
Jak je z grafického znázornění zřejmé, mezi nejvíce namáhané části nosného rámu odnímatelné kráčivé jednotky patří nosné prvky sloužící pro uchycení kráčivé jednotky v místě čepového uložení se vzpěrnými táhly a čepového uložení s nosným pontonem poháněcí stanice. Vzhledem k výše popsaným zadávacím podmínkám je ve výsledku patrné, že pevnostní namáhání pro:

- Materiál rámu OKJ dosahuje maximální hodnoty 220 MPa, což odpovídá **70% R_e** (350 MPa). Použití materiálu třídy **11 523.1 tedy vyhovuje** i pro namáhané svarové plochy
- Materiál plechů nosných ok ocel **S690**, $R_e = 690$ MPa **vyhovuje**

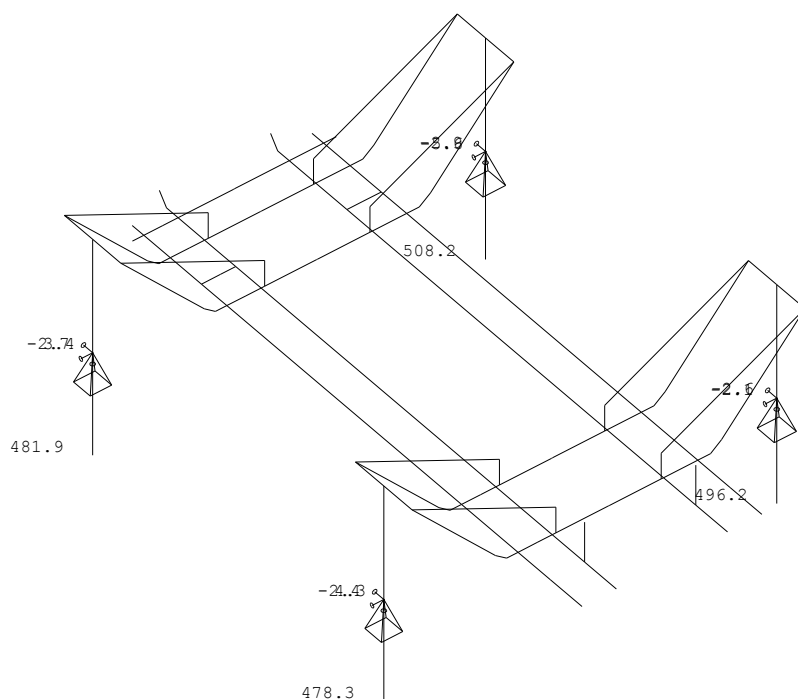
Charakteristika materiálu **S690** – ušlechtilá, legovaná ocel s jemnozrnnou strukturou následně kalená a popouštěná s vyšší pevností na mezi kluzu $R_e = 690$ MPa a na mezi pevnosti $R_m = 930$ MPa.

Díky metodě určování místních mezních pevnostních namáhání ocelových konstrukcí jsme schopni tyto poznatky aplikovat již při konstruování a samotné výrobě ocelových konstrukcí. Pro určování výpočtu a kontroly navrhované nosné ocelové konstrukce využíváme i metody grafického znázornění působení zatěžujících stavů ocelové konstrukce.

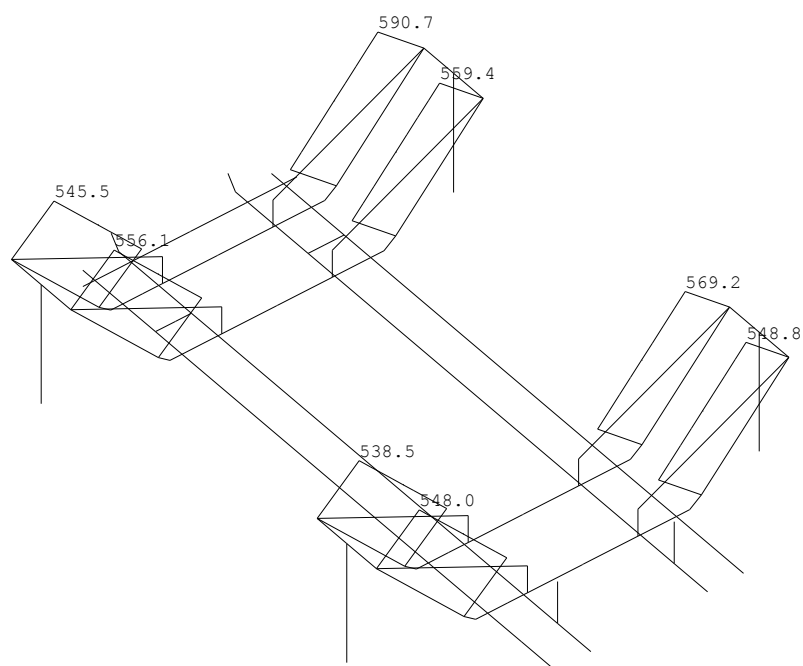
3.8 Pevnostní zatížení nosných částí v kontrolním programu IDA NEXIS



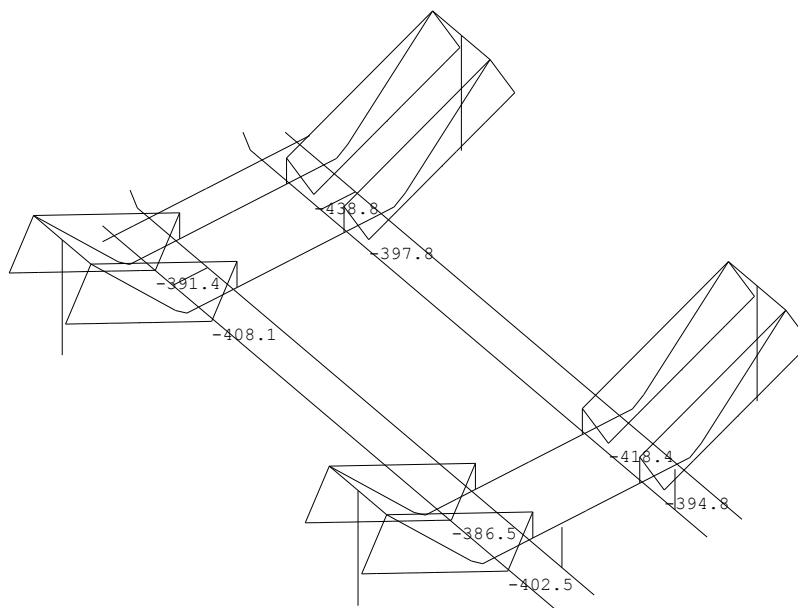
Obrázek č.36 Zatěžovací stavy: čep - vzpěrné táhlo v programu IDA NEXIS [3].



Obrázek č.37 Zatěžovací stavy: nosný rám – čep v programu IDA NEXIS [3].



Obrázek č.38 Zatěžovací stavy: síly do dolního čepu v programu IDA NEXIS [3].



Obrázek č.39 Zatěžovací stavy: síla ve vzpěrném táhle v programu IDA NEXIS [3].

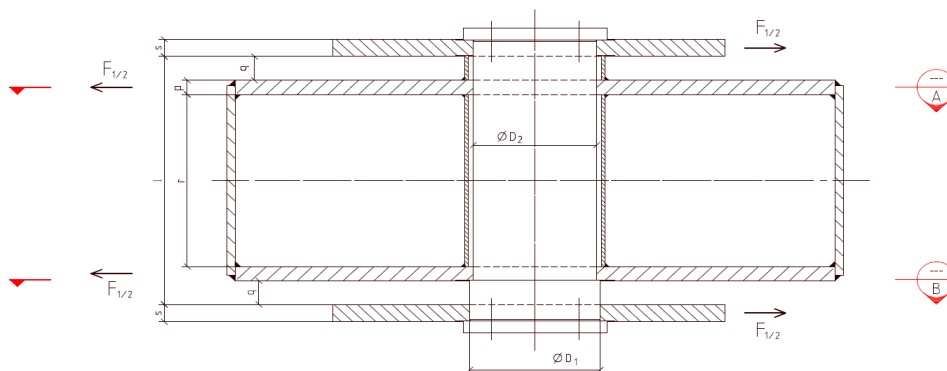
Všechny části navrhované nosné ocelové konstrukce jsou již při konstruování podrobeny kontrolnímu výpočtu na zatěžující stavy. Kontrolním výpočtem v programu IDA NEXIS byly kontrolovány nosné části odnímatelné kráčivé jednotky: válcové čepy, závěsy nosného rámu a také nosné části, které jsou součástí pontonu poháněcí stanice: válcové čepy, závěsy na pontonu pro ukotvení vzpěrných táhel, adaptéry a vzpěrná táhla. Při výpočtu bylo uvažováno se zatěžujícími stavy nosných částí odnímatelné kráčivé jednotky a se zatěžujícími stavy působícími na nosné části poháněcí stanice při transportu například:

- vlastní hmotnost poháněcí stanice – stálé zatížení
- užité zatížení na lávkách a plošinách
- zatížení sněhem
- zatížení průmyslovým spadem
- zatížení větrem
- reakce v podporách

Součástí každého kontrolního výpočtu musí být protokol, který popisuje prováděnou grafickou metodu s vyhodnocením a závěrem. Součástí tohoto protokolu jsou také základní data materiálu, se kterými jsme do výpočtu vstupovali např: materiál, pevnost v tahu materiálu, mez kluzu materiálu, modul pružnosti, Poissonův součinitel, objemová roztažnost atp. Pro názornost vyhodnocení uvádím závěrečný protokol na kontrolu čepu pod zátěžovými stavy.

Tab.4 Výsledné zatížení válcového čepu [3].

Projekt : Poháněcí stanice
Popis : PS 1800



Loading				Geometry			Material		42CrMo
LCI	F	411 200	N	D ₁	80	mm	σ _R	360	Nmm ⁻²
	F _{1/2}	205 600	N	D ₂	80	mm	σ _E	290	Nmm ⁻²
LCII	F	411 200	N	l	190	mm			
	F _{1/2}	205 600	N	s	25	mm			
LCIII	F	411 200	N	p	24	mm			
	F _{1/2}	246 000	N	q	3	mm			
				r	136	mm			

Safety coefficient v_R			Permissible stress σ_a		Cross-section character.			
LCI	2,2	.....	σ_a	163,6	Nmm ⁻²	W ₀	50265	mm ³
LCII	1,8	.....	σ_a	200,0	Nmm ⁻²	S	5027	mm ²
LCIII	1,5	.....	σ_a	240,0	Nmm ⁻²			

$$\sigma_a = \sigma_R / \nu_R$$

$$\sigma = M_o / W_o$$

$$\tau = F_{1/2} / S$$

$$\sigma_{red} = (\sigma^2 + 3 \tau^2)^{1/2}$$

Bending moment M_o			Normal stress σ		Shear stress τ		Calcul. stress σ_{red}	
LCI	2 878 400	Nmm	57,3	Nmm ⁻²	40,9	Nmm ⁻²	91,1	Nmm ⁻²
LCII	2 878 400	Nmm	57,3	Nmm ⁻²	40,9	Nmm ⁻²	91,1	Nmm ⁻²
LCIII	3 444 000	Nmm	68,5	Nmm ⁻²	48,9	Nmm ⁻²	109,0	Nmm ⁻²

$$\sigma_{red} \leq \sigma_a$$

	σ_{red}			σ_a		
LCI	91,1	Nmm ⁻²	<	163,6	Nmm ⁻²	OK
LCII	91,1	Nmm ⁻²	<	200,0	Nmm ⁻²	OK
LCIII	109,0	Nmm ⁻²	<	240,0	Nmm ⁻²	OK

Čep vyhoví s dostatečnou rezervou.

4. Konstrukční návrh nosného podélného trámce

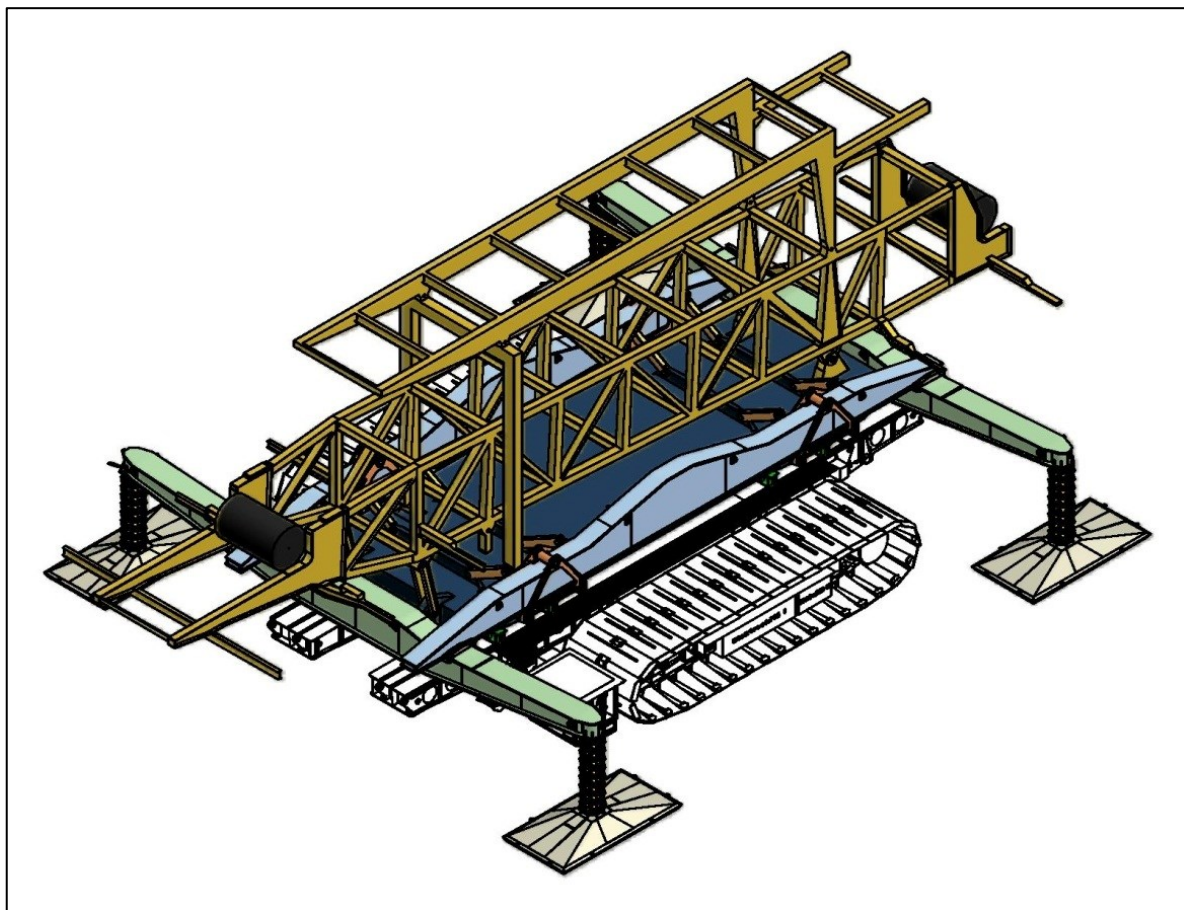
Podélný nosný trámec bude součástí nosného rámu, který se využívá pro přesouvání poháněcích stanic pásových dopravníků o maximální hmotnosti 300 tun pomocí transportního vozu. Princip nosného rámu spočívá v přizvednutí poháněcí stanice pro možnost najetí transportního vozu pod nosný ponton poháněcí stanice. Tento princip přemísťování poháněcí stanice se využívá zejména při nemožnosti využít odnímatelné kráčivé jednotky. Hlavní podmínkou pro uchycení nosného podélného trámce bude využití stávajících upínacích bodů odnímatelných kráčivých jednotek.

4.1 Obecný popis nosného rámu s podélnými nosníky

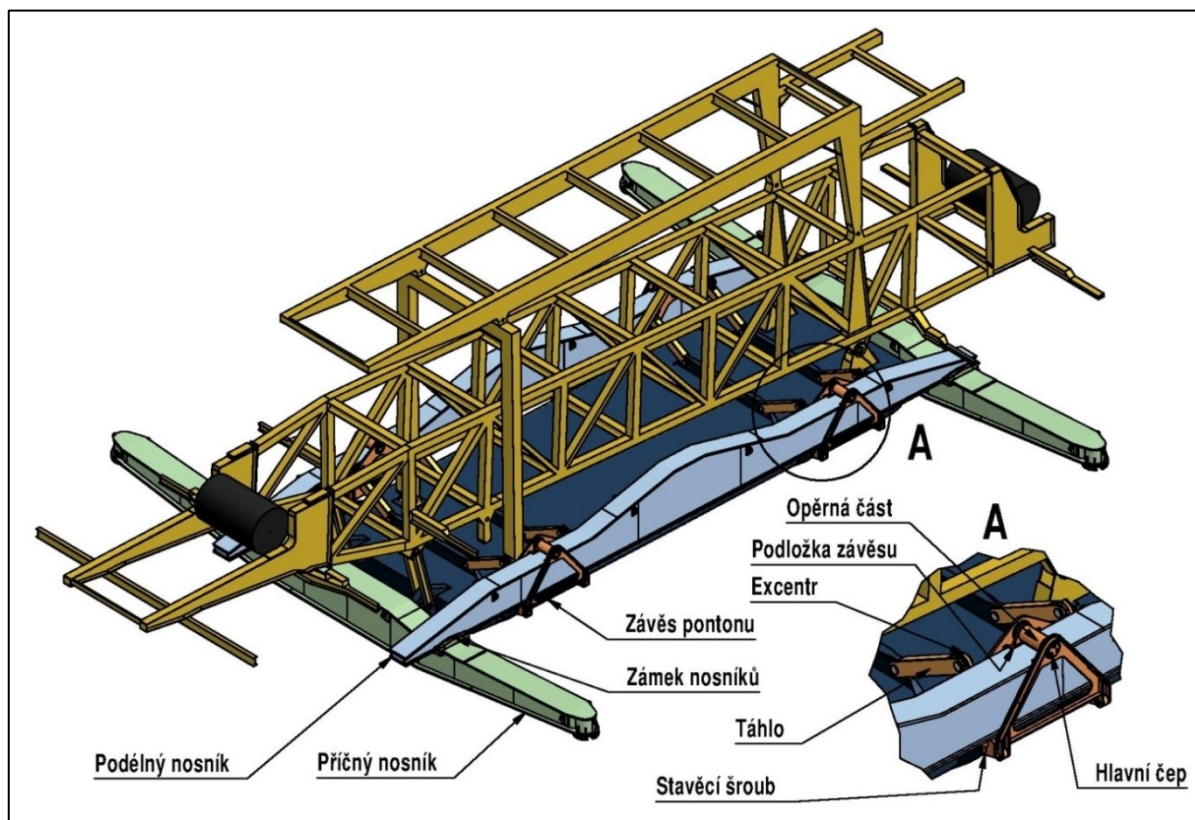
Základním prvkem nosného rámu budou nosníky a trámce, které budou podepřeny díly sloupů postupně sestavených na podpěrných pontonech položených na zpevněné pláni. Samotné sloupy se skládají z různých dílů, jejichž pomocí se uskutečňuje samotný zdvih - krokování. Spojení nosných podélných trámců s pontony stanic bude pomocí závěsů, které budou ukotveny v hlavních okách pontonu a zajištěny proti sklopení trojúhelníkovými vzpěrami pro kráčivé jednotky, které jsou součástí pontonu.

Přenos sil mezi závěsem a nosným podélným trámcem se bude realizovat přes středovou opěrnou část, která bude také čepově uložena v trojúhelníkovém závěsu. Čepové uložení umožňuje průhyb nosného podélného trámce během zdvihu, aniž by docházelo k nerovnoměrnému zatížení ok pontonu. Vložení nosného podélného trámce do závěsů se provede kolmo k pontonu, přičemž se přední část závěsu po jeho vložení přiklopí a poté je zasunut čep opěrné části a zajistí se deskou. Výškové uložení nosného podélného trámce v závěsech bude možné měnit. Pro změnu výškového uložení se nahoře mezi opěrné části vkládají distanční podložky a dole se poté dotáhnou polohovací šrouby, aby byl trámec podepřen. Distanční podložky plní funkci případného výškového dorovnání podélného nosníku vůči pontonu a příčným nosníkům. Vzájemné spojení příčných nosníků a nosných podélných trámců bude v místě křížení sevřením přes jejich pásnice pomocí zámkových spojek a šroubů. Výška zdvihu je dána počtem vložených distančních podložek, které umožňují bezpečné najetí transportního vozu pod zvednutou poháněcí stanicí [11].

Před započítáním sestavování nosného rámu a následného zvedání je nutné provést přípravu okolí stanice vzhledem únosnosti podložky a sklonu pláně.



Obrázek č.40 Schéma nosného rámu s nosnými podélnými trámcí.



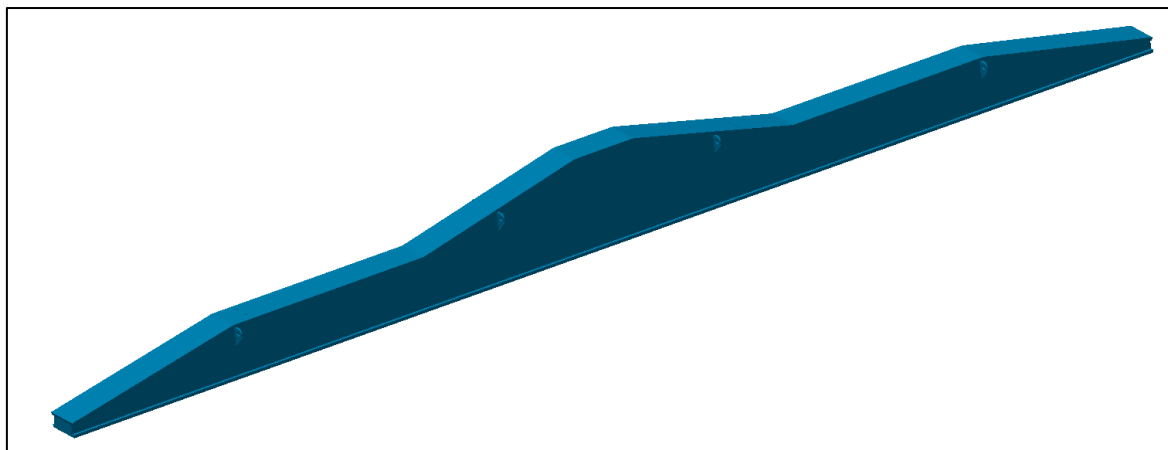
Obrázek č.41 Návrh umístění nosných podélných trámů.

4.2 Obecný postup kompletace nosného rámu

Pontonové stanice je nutné osadit nosnými podélnými trámcí připevněnými ke stanici v místech pro začepování kráčivých jednotek a položených na příčných nosnících. Pro zvedání tohoto typu stanice je zapotřebí jak příčných tak podélných nosníků. Postup připevnění nosníků a ostatních potřebných dílů:

- Před a za ponton se vsunou příčné nosníky. Střed příčných nosníků musí být přibližně v podélné ose pontonu.
- Na ponton zvedané stanice se do ok pro odnímatelné kráčivé jednotky začepují závěsy pontonu, které se zajistí pomocí vzpěrných táhel.
- Pomocí excentrů u horního čepu vzpěrného táhla se musí kotvící závěsy vyrovnat vůči druhému závěsu tak, aby později vložený nosný podélný trámec byl uložen rovnoměrně a kolmo. Excentry se zajistí šrouby.
- Stavěcí šrouby na závěsech pontonu se přibližně ustaví tak, aby byl vložený nosný podélný trámec přibližně vodorovně.
- Do otevřených závěsů pontonu se vloží nosný podélný trámec tak, aby se opěrné části závěsů pontonu opíraly o rovnou část nosného podélného trámce. Bok nosného podélného trámce se musí opírat o opěrné plochy pevné části závěsu.
- V případě potřeby je možné vložit podložky pod opěrnou část závěsu, které umožní vyrovnání nosného podélného trámce vůči příčným nosníkům a pontonu.
- Sklopná část závěsu pontonu se uzavře, vloží se opěrná část a vše se spojí hlavním čepem. Hlavní čep se axiálně zajistí deskami. Vnitřní podpěrné šrouby se povolí minimálně o 50 mm, aby nedošlo k jejich namáhání při průhybu nosného podélného trámce při jeho zatížení.
- Příčné nosníky se přizvednou tak, aby se jejich horní dosedací plocha opřela o spodní dosedací plochu nosných podélných trámců. V této poloze se zajistí zámkem. Plochy zámků musí přesně dosednout na pásnice příčných nosníků. Zámky musí být zajištěny všemi šrouby.

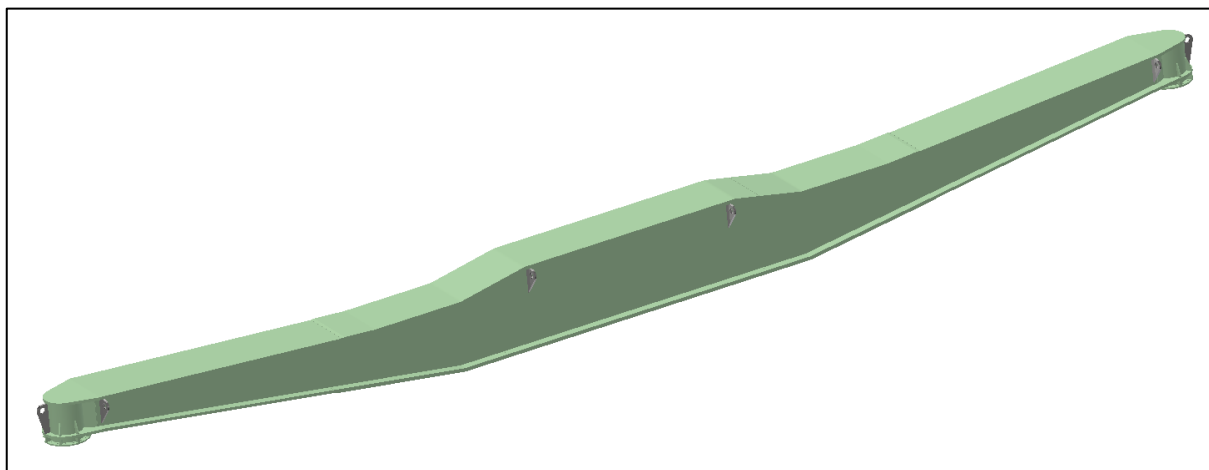
4.3 Nosný podélný trámec



Obrázek č.42 Návrh nosného podélného trámce.

Nosný podélný trámec je svařenec z ocelových plechů. Před každým uvedením do provozu je nutné zkontrolovat opěrná místa na spodní pásnici, kde dochází k opření příčného nosníku, resp. závěsu pontonu. Tato místa nesmí mít žádné poškození, které by bránilo rovnoměrnému dosednutí protilehlé součásti. Dále je nutné zkontrolovat, zda se na nosném podélném trámci nenacházejí praskliny a to hlavně v místech svarů.

4.4 Příčný nosník

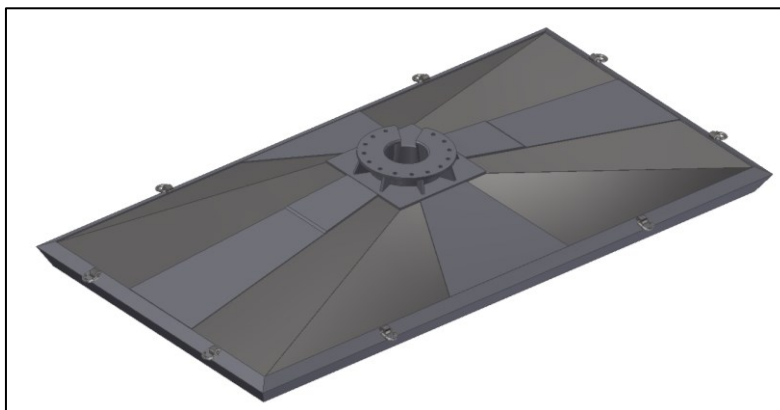


Obrázek č.43 Návrh příčného trámce.

Před každým uvedením do provozu je nutné zkontrolovat opěrná místa na horní pásnici, kde dochází k dosednutí nosného podélného trámce včetně opěrné příruby na konci nosníku. Tato místa nesmí mít žádná poškození, která by bránila rovnoměrnému dosednutí protilehlé součásti. Dále je nutné zkontrolovat, zda se na nosníku nenacházejí praskliny a to hlavně v místech svarů. Pokud ano, je nutné toto místo neprodleně opravit.

Při prvotním nadzvednutí stanice je nutné kontrolovat, zda nevznikají vlivem zatížení v plášti nosného rámu trhliny. Pokud ano, je nutné přerušit zdvih a poškozené místo opravit. Nosník nesmí být zatížen.

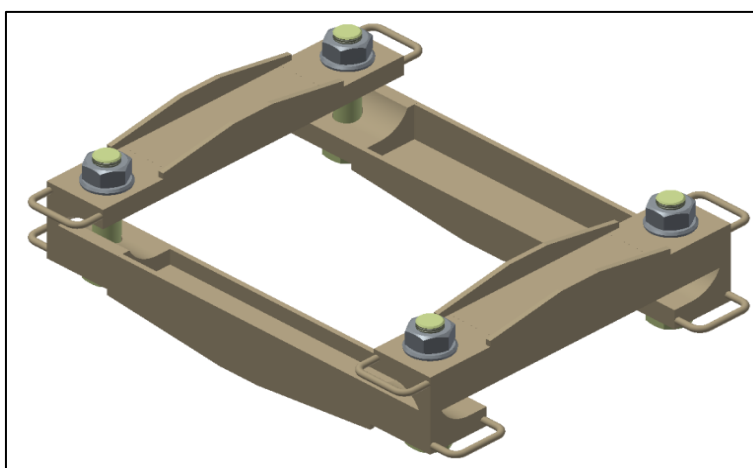
4.5 Podpěra



Obrázek č.44 *Návrh podpěry.*

Před každým uvedením do provozu je nutné zkontrolovat konstrukci podpěry. Případné praskliny je třeba neprodleně opravit (vyvařením, přeplátováním). Při kontrole spodní části podpěry je nutné brát zřetel na bezpečnost – podpěra musí být řádně zajištěna proti pádu a zvrhnutí. Dále je nutné zkontrolovat, zda v místě pro vložení hydraulického válce nejsou nečistoty popř. voda.

4.6 Spojení nosníku a trámce zámkem

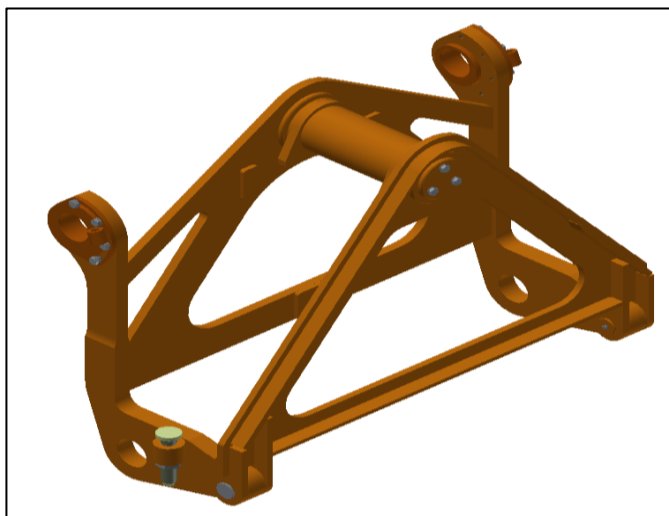


Obrázek č.45 *Návrh zámku příčného nosníku a nosného podélného trámce.*

Před každým uvedením do provozu je nutné vizuálně zkontrolovat stav zámku. Veškeré případné praskliny jsou nepřijatelné a je nutné díl neprodleně vhodně opravit nebo díl nahradit novým. Při prvotním nadzvednutí stanice je nutné zkontrolovat, zda nedošlo

k poškození či deformaci zámku a spojovacích šroubů.

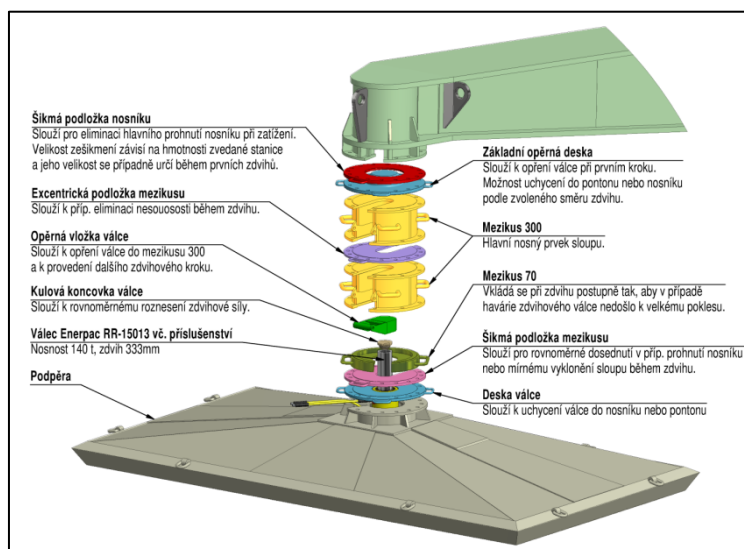
4.7 Závěs pontonu



Obrázek č.46 Návrh závěsu nosného podélného trámce a pontonu.

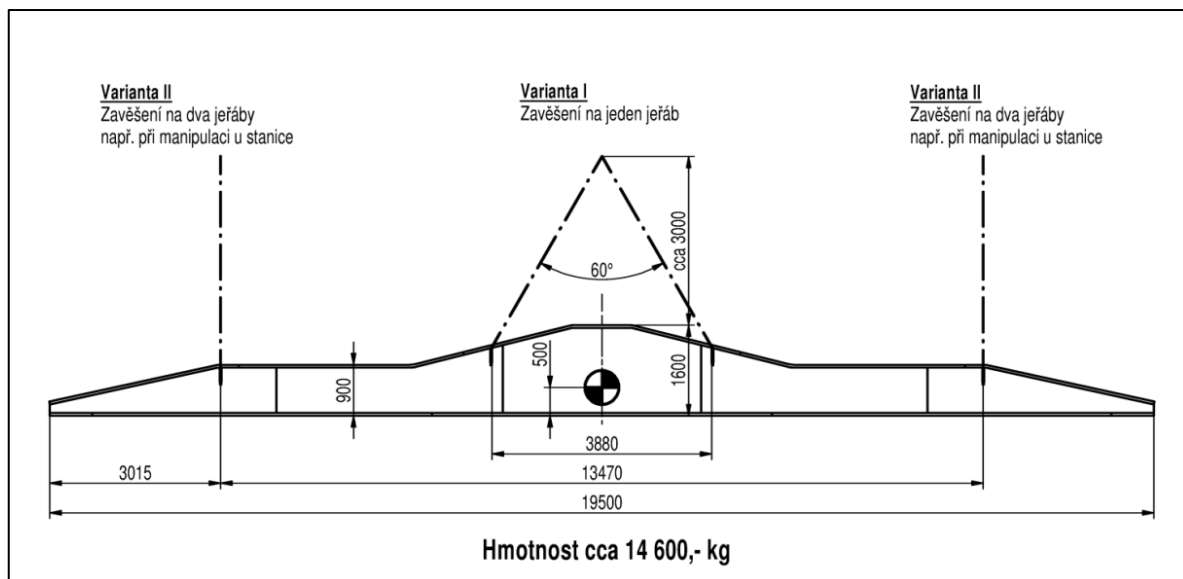
Před každým uvedením do provozu je nutné vizuálně zkontrolovat stav závěsu pontonu. Veškeré případné praskliny jsou nepřijatelné a je nutné díl neprodleně vhodně opravit nebo díl nahradit novým. Při prvotním nadzvednutí stanice je nutné zkontrolovat, zda nedošlo k poškození či deformaci závěsu pontonu. Pokud ano, je nutné přerušit zdvih a položit poháněcí stanici zpět na zem resp. na transportní vůz a provést opravu případně výměnu dílu. Čepy závěsu pontonu musí být mazány dle mazacího plánu.

4.8 Podpěrný sloup



Obrázek č.47 Návrh podpěrného sloupu.

Vzhledem k hmotnosti nosného podélného trámce je pro navrhované konstrukční řešení určeno i vázací schéma nosného podélného trámce, které zajišťuje bezpečnou manipulaci se zařízením i bezpečnost osob.



Obrázek č.48 Návrh vázacího schéma nosného podélného trámce [11].



Obrázek č.49 Montáž nosného podélného trámce na poháněcí stanici.

5. Základní výpočet nosného podélného trámce

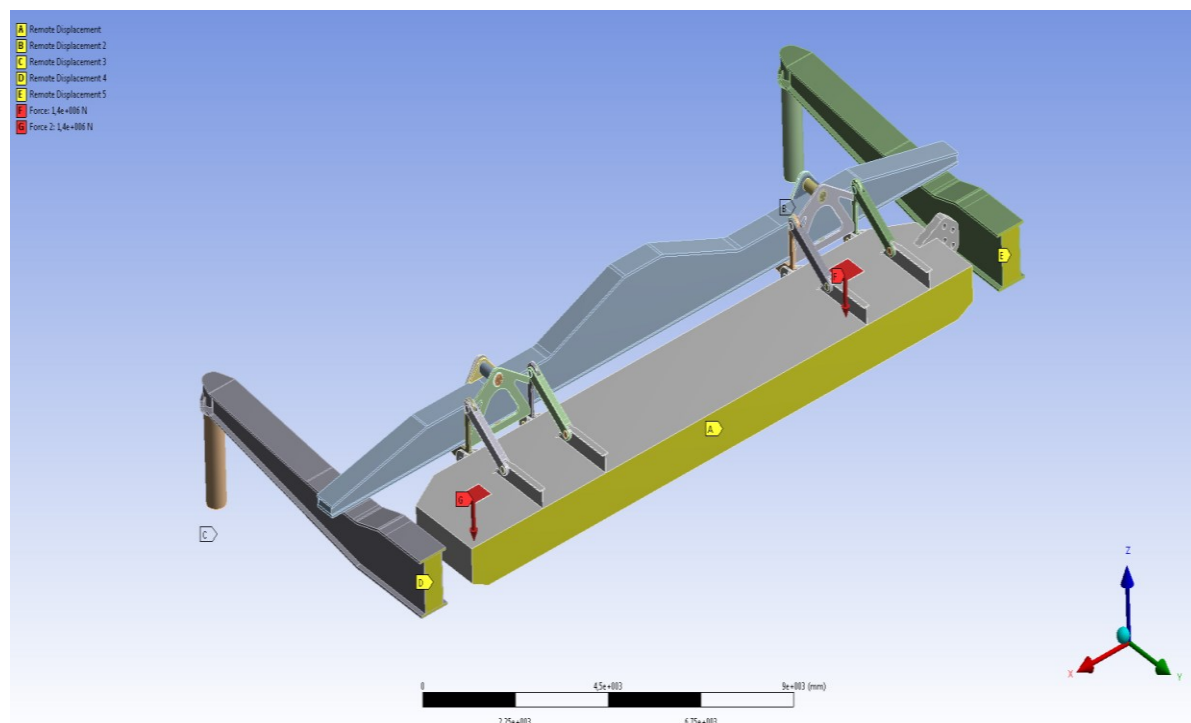
Základní pevnostní výpočet navrhovaného nosného podélného trámce jsem rozdělil na dvě části. První část výpočtu bude zaměřena na nosné části, které nejsou přímou součástí podélného nosného trámce, ale přímo ovlivňují funkčnost zařízení pro přemístění poháněcí stanice.

První část:

5.1 Kontrola čepového uložení v závěsu pontonu

- kontrolu čepů na ohyb
- kontrola čepů na redukované napětí
- kontrolu uložení čepů v táhlech na otláčení

Vzhledem k již výše popsané problematice uložení nosného podélného trámce k upínacím bodům odnímatelných kráčivých jednotek je patrné, že kontrolní výpočet čepového uložení mezi nosným podélným trámcem a závěsem pontonu poháněcí stanice včetně čepového uložení vzpěrných táhel bude probíhat stejnou metodikou jako při kontrolním výpočtu čepového uložení pro odnímatelnou kráčivou jednotku. Metodika výpočtu je popsána v této diplomové práci kapitola 3.5 a 3.6 [5].



Obrázek č.50 Čepové uložení závěsu pontonu (analogicky zavěšení OKJ).

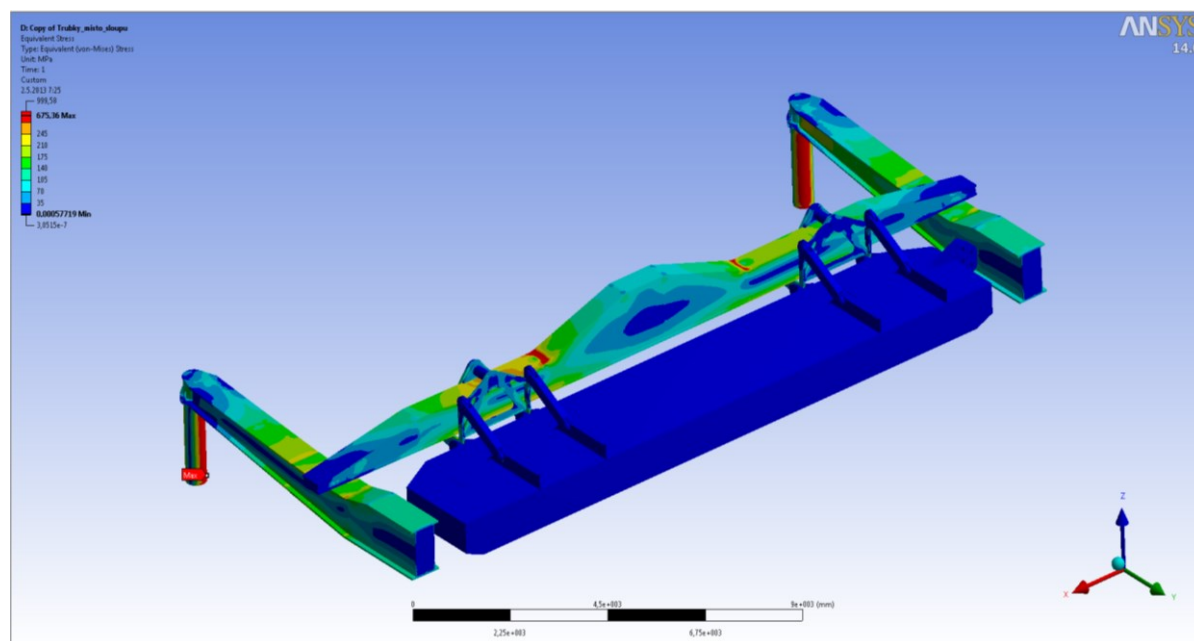
Ve druhé části pevnostního výpočtu se zaměřím na pevnostní kontrolu nosného podélného trámce.

Tento trámec je složitý rozměrný svařenec z ohýbaných plechů o tloušťce až 50 mm, krabicového profilu se zvýšenou geometrickou přesností a kontrolovanými svary za materiálu 11 523.1. Z důvodu složitého pevnostního výpočtu jsem se rozhodl pro provedení schematického znázornění části základního výpočtu a pro doložení celkového pevnostního výpočtu podélného nosníku byla použita metoda pevnostního výpočtu zatížení v programu ANSYS 14.0.

Druhá část:

5.2 *Kontrola nosné části podélného trámce, průběh zatěžujících sil*

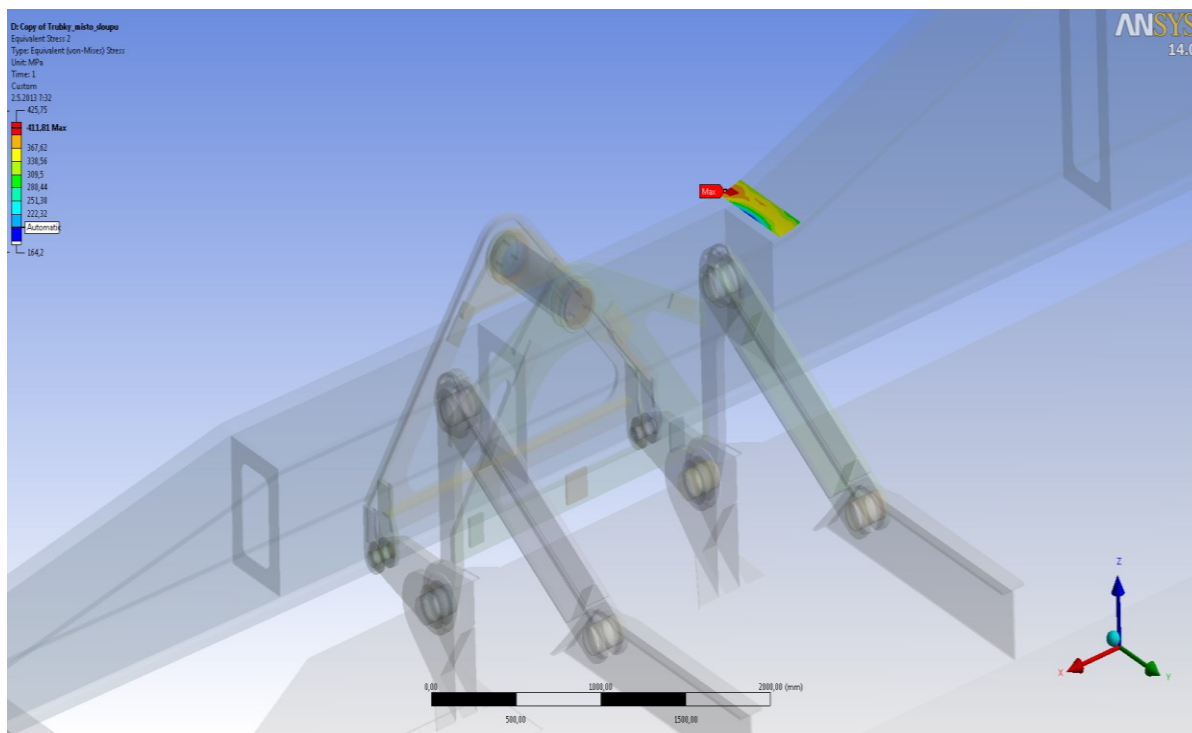
V této části pevnostního výpočtu kontrolujeme nosnou část podélného trámce, který je po kompletaci pevně uložen v závěsu pontonu. Vzhledem ke svému složitému profilu je tento svařenec z plechů pevnostně kontrolován pomocí metody výpočtu zatížení v programu ANSYS 14.0.



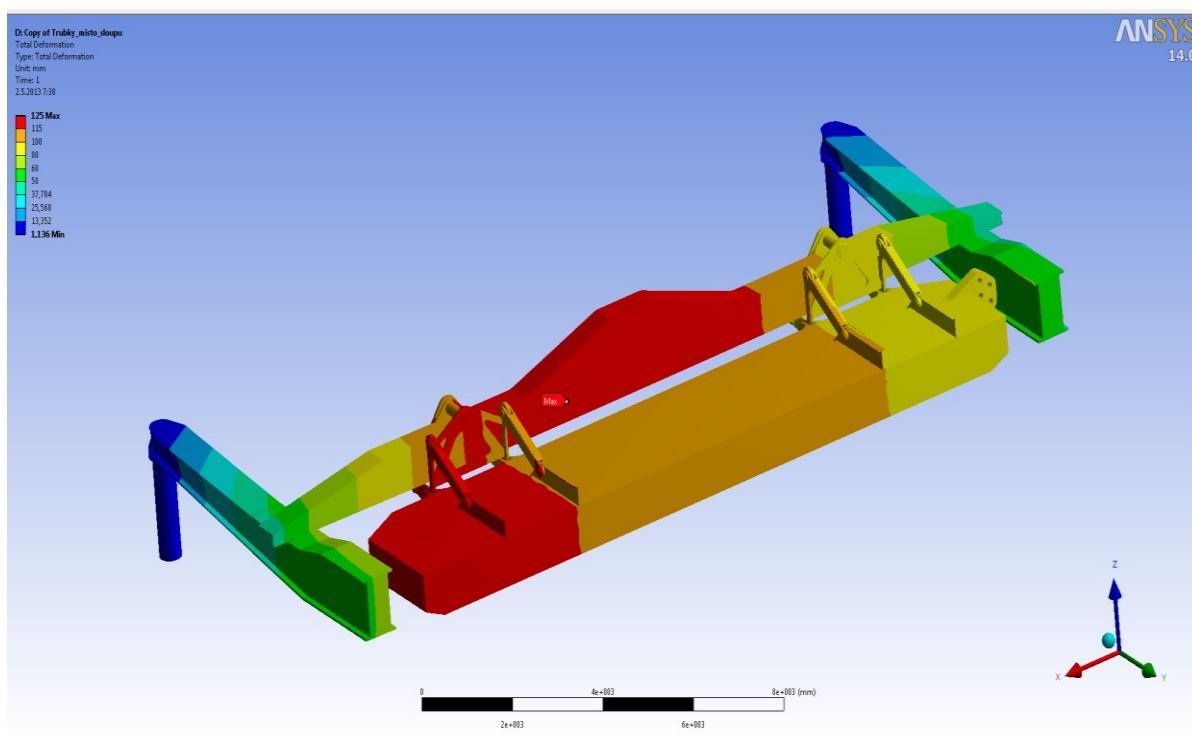
Obrázek č.51 Schéma namáhání pro dimenzování trámců a závěsů [13].

Součástí konečného pevnostního řešení nosného rámu programem ANSYS 14.0 je také schematické znázornění pevnostního namáhání nosné části podélného nosníku, kde jsou přesně identifikovány nejvíce namáhané části nosníku.

Jak je ze znázornění patrné, mezi nejvíce namáhanou oblast nosníku patří část, ve které dochází ke změně profilu krabicového nosníku. Změna tvaru nosníku je vyvolána nutností eliminovat průhyb podélného nosníku v závislosti na velké hmotnosti poháněcí stanice a tím zajistit větší stabilitu přizvednuté poháněcí stanice.



Obrázek č.52 Detail závěsu pontonu a uložení nosného podélného trámce [13].

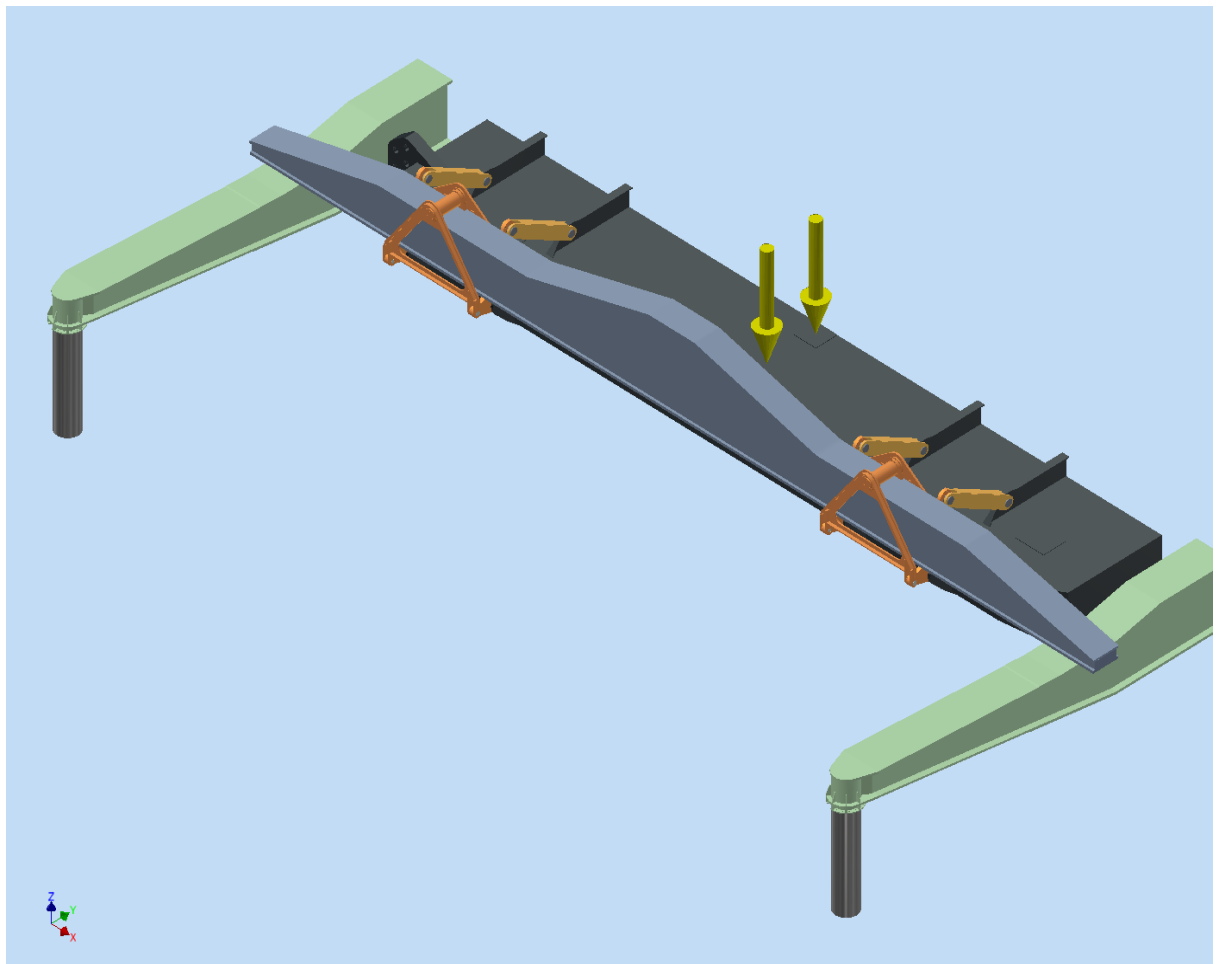


Obrázek č.53 Znázornění deformace nosného podélného trámce [13].

Pro vytvoření modelu nosného rámu a znázornění průběhu zatěžovacích stavů pomocí MKP v programu ANSYS 14.0 musíme nejprve zavést známé parametry:

Tab.5 parametry nosného podélného trámce

Název	11 523.1	
Obecné	Měrná hmotnost	7,85 g/cm ³
	Mez kluzu v tahu	345 MPa
	Mez pevnosti v tahu	510 MPa
Napětí	Youngův modul	210 GPa
	Poissonova konstanta	0,3 ul
	Modul pružnosti	80,7692 GPa
Tepelné napětí	Koeficient roztažnosti	0,000012 ul/c
	Tepelná vodivost	47 W/(m K)
	Měrné teplo	420 J/(kg c)

**Obrázek č.54** Znáznornění zatížení v provozních podmínkách – gravitace.

Při pevnostním výpočtu nosného podélného trámce vycházím z provedení pomyslného řezu nosnou konstrukcí. Pro stanovení průřezových charakteristik složeného průřezu zvoleného profilu obecným výpočtem, bychom postupovali takto:

- 1) Určení velikosti zatížení nosného podélného trámce při zvedání včetně určení velikosti reakcí v místech podepření od zvedacích sloupů a určení velikosti ohybových momentů ve zvoleném kritickém průřezu nosného podélného trámce.
- 2) Kontrola nosného podélného trámce na průhyb (pro zjednodušení v polovině trámce) metodou momentových ploch včetně kontroly průhybu vůči celkovému rozpětí trámce. Konkretizace velikosti průřezu nosného podélného trámce vzhledem k účinkům od statického zatížení – např. zesílení (zvětšení) průřezu nosného trámce.
- 3) Určení plochy kontrolovaného průřezu **S** v pomyslném řezu **I-I** nosného podélného trámce v místě působení sil.
- 4) Určení celkového napětí v místě maximálního namáhání včetně posouzení bezpečnosti.
- 5) Porovnání grafického vyjádření hodnot v programu ANSYS 14.0 s hodnotami zjištěnými obecným výpočtem.

URČENÍ ZATÍŽENÍ, REAKCÍ A MOMENTŮ:

Pro určení zatížení trámce silou F_c vycházíme ze známé zadané velikosti síly $F = 1400$ kN působící v místě uložení nosného podélného trámce:

$$F_c = 2 \cdot F$$

Pro určení velikostí reakcí v místě působení zvedacích sloupů A, B (R_a , R_b) využijeme graficko-početní metodu. Na základě známých rozměrů nosného podélného trámce, vzdálenosti zvedacích sloupů (17 400 mm) jsme schopni stanovit velikost reakcí:

$$B = \frac{F \cdot [100 + (10\,100 + 1\,895)]}{10\,100} = 1677 \text{ [kN]}$$

$$A = F_c - B = 2\,800 - 1\,677 = 1\,123 \text{ [kN]}$$

$$R_A = \frac{B \cdot 3\,750 + A \cdot (3\,750 + 10\,100)}{17\,400} = 1\,255 \text{ [kN]}$$

$$R_B = F_c - R_A = 2\,800 - 1\,255 = 1\,545 \text{ [kN]}$$

Pro stanovení velikosti momentů v místě působení zatížení při zvedání nosného trámce vycházíme z velikosti reakcí působících na ramenech nosného trámce:

$$M_A = R_A \cdot 3\,550 = 1\,255 \cdot 10^3 \cdot 3\,550 = 4\,455 \cdot 10^6 \text{ [N} \cdot \text{mm]}$$

$$M_B = R_B \cdot 3\,750 = 1\,545 \cdot 10^3 \cdot 3\,750 = 5\,794 \cdot 10^6 \text{ [N} \cdot \text{mm]}$$

KONTROLA NOSNÉHO PODÉLNÉHO TRÁMCE NA PRŮHYB:

Pro stanovení průhybu nosného trámce metodou momentových ploch vycházíme ze znalosti velikosti momentů a velikosti momentových ploch z rozměrů nosného trámce. Metodou momentových ploch jsme schopni určit průhyb nosníku v místě řezu, který kontrolujeme. Průhyb skutečného nosníku je roven momentu fiktivního nosníku zatíženého spojitým obtížením momentových ploch původního skutečného nosníku mezi podporami.

$$M_{PA} = \left[\frac{M_A \cdot 3\,550}{2} \cdot \left(\frac{3\,550}{3} + 10\,100 \right) + M_A \cdot 10\,100 \cdot \left(\frac{10\,100}{2} + 3\,750 \right) + \left(\frac{M_B - M_A}{2} \cdot 10\,100 \right) \cdot \left(\frac{10\,100}{3} + 3\,750 \right) + \frac{M_B}{2} \cdot 3\,750 \cdot \frac{3\,750 \cdot 2}{3} \right] \cdot \frac{1}{17\,400} = 33\,915 \cdot 10^9 \text{ [N} \cdot \text{mm]}$$

PRŮHYB V POLOVINĚ DÉLKY NOSNÉHO PODÉLNÉHO TRÁMCE:

$$Y_{1/2} = \frac{1}{EJ} \left[\frac{M_{PA} \cdot 17\,400}{2} - \frac{M_A \cdot 3\,550}{2} \cdot \left(\frac{3\,550}{3} + 5\,150 \right) - M_A \cdot 5\,150 \cdot \left(\frac{5\,150}{2} \right) - \frac{(M_B - M_A) \cdot 5\,150}{10\,100} \cdot \frac{5\,150}{2} \cdot \frac{5\,150}{3} \right] = 71,4 \text{ [mm]}$$

KONTROLA PRŮHYBU VŮČI ROZPĚTÍ TRÁMCE:

$$\frac{l}{Y_{1/2}} = \frac{17\,400}{71,4} = 244 \text{ [mm]}$$

Vzhledem k meznímu poměru při statickém zatížení budeme uvažovat o zesílení (zvětšení) průřezu trámce alespoň mezi úseky možného opření trámce.

URČENÍ PLOCHY S U KONTROLOVANÉHO PRŮŘEZU V POMYSLNÉM ŘEZU I-I:

Vycházíme z již navrženého průřezu trámce obdélníkového tvaru o celkové výšce stěny 900 mm, tloušťce stěny 20 mm, šířce spodní a horní pásnice 580 mm, tloušťce spodní a horní pásnice 50 mm.

$$I_x = \frac{1}{12} \cdot (580 \cdot 900^3 - 540 \cdot 800^3) = 12,195 \cdot 10^9 \text{ [mm}^4\text{]}$$

$$S = 2 \cdot (20 \cdot 800 + 50 \cdot 580) = 90 \cdot 10^3 \text{ [mm}^2\text{]}$$

URČENÍ NAPĚTÍ V MÍSTĚ MAXIMÁLNÍHO NAMÁHÁNÍ:

σ_o v místě opření trámce:

$$\sigma_{oB} = \frac{M_B \cdot y_{max}}{I_x} = \frac{5\,794 \cdot 10^6 \cdot 450}{12,195 \cdot 10^9} = 214 \text{ [MPa]}$$

$$\sigma_{oA} = \frac{M_A \cdot y_{max}}{I_x} = \frac{4\,455 \cdot 10^6 \cdot 450}{12,195 \cdot 10^9} = 164 \text{ [MPa]}$$

τ_s v místě opření trámce:

$$\tau_{sB} = \frac{R_B}{S} = \frac{1\,545 \cdot 10^3}{90 \cdot 10^3} = 17 \text{ [MPa]}$$

$$\tau_{sA} = \frac{R_A}{S} = \frac{1\,255 \cdot 10^3}{90 \cdot 10^3} = 14 \text{ [MPa]}$$

σ_{redB} celkové napětí v místě maximálního namáhání:

$$\sigma_{red\,max} = \sqrt{\sigma_{oB}^2 + 4 \cdot \tau_{sB}^2} = \sqrt{214^2 + 4 \cdot 17^2} = 217 \text{ [MPa]} < \sigma_{Kt}$$

NÁVRH MATERIÁLU:

Materiál nosného podélného trámce: ocel 11523.1, $\sigma_{Kt} \sim 330 - 345 \text{ [MPa]}$

Tlusté plechy - tloušťka 25 mm až 60 mm odpovídá $\sigma_{Kt\,min} \sim 333 \text{ [MPa]}$

BEZPEČNOST k:

$$k = \frac{\sigma_{Kt\,min}}{\sigma_{red\,max}} = \frac{333}{217} = 1,537$$

Průřez nosného podélného trámce vyhovuje.

POROVNÁNÍ GRAFICKÉHO VYJÁDRĚNÍ NAMÁHÁNÍ S OBECNÝM VÝPOČTEM:

Na základě provedení obecného výpočtu a posouzení mezního poměru při statickém zatížení nosného podélného trámce byly provedeny změny tvaru nosného podélného trámce zejména v oblastech možného opření trámce. Toto zvětšení průřezu se příznivě projevilo i v grafickém znázornění v programu ANSYS 14.0 obrázek č. 51 *Schéma namáhání pro dimenzování nosníků a závěsů* ze kterého je patrné, že oblast namáhání nosného podélného trámce se pohybuje v rozmezí 175 MPa – 245 MPa. Příznivě se změna průřezu (zvětšení) projevila také na snížení velikosti průhybu nosného trámce, čímž se zlepšila celková stabilita nosného rámu.

Dále byl na základě provedení metody obecným výpočtem navržen materiál pro výrobu nosného podélného trámce ocel 11 523.1, který splňuje podmínky pevnostního namáhání s rezervou, což je patrné v grafickém znázornění v programu ANSYS 14.0 obrázek č. 53 *Znázornění deformace nosného podélného trámce*.

6. Závěr

V diplomové práci jsem se zabýval problematikou konstrukčního návrhu zařízení pro přesun poháněcí stanice dálkové pásové dopravy. V tomto konstrukčním návrhu jsem využil svých zkušeností, které jsem získal při řešení problematiky s přesuny zařízení dálkové pásové dopravy provozované na Dolech Bílina.

V uvedené rešerši zařízení, používaných pro přesun poháněcích stanic dálkové pásové dopravy, jsem se zabýval zejména problematikou odnímatelných kráčivých jednotek z důvodu jejich jedinečnosti jako transportního zařízení a různých specifik, spojených s jejich provozováním.

Při provádění základního výpočtu nosných částí odnímatelné kráčivé jednotky a nosného podélného trámce jsem opět využil svých zkušeností s obdobným přesouvacím zařízením, které je provozováno na Dolech Bílina, zejména při zavádění a výpočtu reakcí a zatěžující síly. Z důvodu obsáhlého výpočtu složeného profilu nosných částí odnímatelné kráčivé jednotky a nosného podélného trámce jsem popsal směřování výpočtu do dvou oblastí, které se týkaly nosné konstrukce přímo související s kráčivou jednotkou a podélným trámcem a nosné konstrukce, která je součástí přesouvaného zařízení a má přímý vliv na celkovou funkčnost kráčivé jednotky a vliv na funkčnost nosného podélného trámce.

Dále bych chtěl vyzdvihnout skutečnost, že v současné době při projektování nosných ocelových konstrukcí již využíváme moderních metod stanovení pevnostních výpočtů a zatěžových stavů zejména Metodou konečných prvků v programu ANSYS 14.0 a grafickými metodami v programu IDA NEXIS, které jsem uvedl pro názornost ve výpočtu.

Obsahem příloh jsou: *Sestavný výkres kráčivé jednotky, Sestavný výkres adaptéru, Detail uložení kráčivé jednotky, Konstrukční návrh kráčivé jednotky, Nosný rám, Detail uložení nosného podélného trámce a Nosný podélný trámec.*

Na závěr práce je možno konstatovat, že nosná ocelová konstrukce řešené odnímatelné kráčivé jednotky vychází ze základů technologického zařízení, které se používá na Dolech Bílina již od roku 1977 a bylo zavedeno firmou Weserhutte. Později se tyto kráčivé jednotky v provedení Transporta Chrudim začaly vyrábět pro nosnost 130 tun a 200 tun. Nejnovější a také technologicky nejmodernější kráčivé jednotky jsou provozovány na Dolech Bílina od roku 2012 a byly projektované a dodané firmou Prodeco, a.s., která v témže roce dodala k používání pro možnost přesouvání poháněcích stanic nosný rám s nosným podélným trámcem.

7. Seznam použité literatury:

- [1] V-VÚTZ: *Odnímatelná kráčivá jednotka pro přesun poháněcích a vratných stanic dálkové pásové dopravy*. Praha, 1984, 84 s.
- [2] Transporta Chrudim: *Pásová doprava, pokyny pro obsluhu a údržbu*. Chrudim, 1987, 115 s.
- [3] BEDNÁŘ, J.: *Statický výpočet poháněcí stanice šíře 1800 mm v programu IDA NEXIS*. Noen a.s., Praha 2011
- [4] ČSN 73 1401: *Navrhování ocelových konstrukcí*. Český normalizační institut. Praha; 2006
- [5] ČSN 73 0033: *Základní ustanovení pro zatížení a účinky*. Český normalizační institut. Praha; 2006
- [6] BOLEK, A a kol. *Části strojů 1. Svazek 6*. Vydání SNTL Praha. 1989, 707 s., ISBN 80-03-00426-7
- [7] Prodeco, a.s.: *Odnímatelná kráčivá jednotka 130*; Teplice; 2011, 79 s.
- [8] Detail z výkresu č. V00533; Prodeco a.s., Teplice; 2009
- [9] Detail z výkresu č. V001949; Prodeco a.s., Teplice; 2009
- [10] Detail z výkresu č. CND-303827-A; Noen a.s., Praha 2009
- [11] Prodeco a.s.: *Zvedací zařízení, návod k použití*, Teplice; 2012, 46 s.
- [12] Prodeco a.s.: *Návod k použití*, Teplice; 2013, 15 s.
- [13] Prodeco a.s.: *Statická analýza nosného podélného trámce v programu ANSYS 14.0.*, Teplice; 2014
- [14] PAVELKA, B.: *Konstrukční návrh zařízení pro přesun poháněcí stanice dálkové pásové dopravy*. Bakalářská práce. VŠB-Technická univerzita Ostrava. 2012, 54 s.

8. Seznam obrázků

obr.1	<i>Poháněcí stanice šíře 1200 mm s kolejovým podvozkem</i>	13
obr.2	<i>Poháněcí stanice šíře 1800 mm s kolejovým podvozkem před transportem</i>	14
obr.3	<i>Pontonová stanice šíře 2200 mm, systém uchycení odnímatelných kráčivých jednotek</i>	15
obr.4	<i>Nezpůsobilý stav transportní trasy jako možná příčina poškození kráčivé jednotky</i>	16
obr.5	<i>Dvoupontonová stanice šíře 1600 mm, přesun po demontážních pracích</i>	17
obr.6	<i>Dvoupontonová stanice šíře 1600 mm, následná remontáž</i>	17
obr.7	<i>Transport poháněcí stanice šíře 1800 mm pomocí transportního vozu TV-200</i>	20
obr.8	<i>Zajištění polohy naložené poháněcí stanice pomocí fixních lan</i>	21
obr.9	<i>Určení polohy těžiště naložené poháněcí stanice</i>	21
obr.10	<i>Nosný rám kráčivé jednotky</i>	25
obr.11	<i>Stabilizační rameno válce zdvihu</i>	26
obr.12	<i>Opěrná deska</i>	27
obr.13	<i>Válec zdvihu a válec směrování</i>	28
obr.14	<i>Znázornění součinnosti hydraulických válců kráčivé jednotky</i>	30
obr.15	<i>Utěsnění kulového uložení stíracím břítem</i>	32
obr.16	<i>Umístění držáků a clon ultrazvukových čidel indikace polohy válců</i>	33
obr.17	<i>Ponton poháněcí stanice šíře 1800 mm při výrobě</i>	34
obr.18	<i>Přechodový element spodního závěsu</i>	35
obr.19	<i>Servisní stojan kráčivé jednotky</i>	36
obr.20	<i>Odnímatelný adaptér s příslušenstvím</i>	37
obr.21	<i>Odnímatelný adaptér, montáž k pontonu poháněcí stanice šíře 2250 mm a OKJ</i>	38
obr.22	<i>Odnímatelný adaptér, rám</i>	39
obr.23	<i>Odnímatelný adaptér, spodní dutý čep a horní excentrický čep</i>	40
obr.24	<i>Odnímatelný adaptér, válcový čep</i>	40
obr.25	<i>Montáž adaptéru, varianta 1</i>	42
obr.26	<i>Montáž adaptéru, varianta 2</i>	42
obr.27	<i>Schéma konstrukčního návrhu odnímatelné kráčivé jednotky</i>	44
obr.28	<i>Geometrie zavěšení kráčivých jednotek</i>	46
obr.29	<i>Styková deska spodního závěsu</i>	48
obr.30	<i>Vzpěrné táhlo</i>	50
obr.31	<i>Válcový čep</i>	50
obr.32	<i>Osazení poháněcí stanice kráčivými jednotkami</i>	52
obr.33	<i>Výroba nosného rámu kráčivé jednotky</i>	52
obr.34	<i>Grafické znázornění namáhání nosného rámu v programu ANSYS 14.0</i>	53
obr.35	<i>Znázornění provedení pomyslného řezu A-A nosného rámu</i>	54
obr.36	<i>Zatěžovací stavy: čep - vzpěrné táhlo v programu IDA NEXIS</i>	55
		76

obr.37	<i>Zatěžovací stavy: nosný rám - čep v programu IDA NEXIS</i>	56
obr.38	<i>Zatěžovací stavy: síly do dolního čepu v programu IDA NEXIS</i>	56
obr.39	<i>Zatěžovací stavy: síla ve vzpěrném táhle v programu IDA NEXIS</i>	57
obr.40	<i>Schéma nosného rámu s podélnými trámci</i>	60
obr.41	<i>Návrh umístění podélných trámců</i>	60
obr.42	<i>Návrh podélného trámce</i>	62
obr.43	<i>Návrh příčného trámce</i>	62
obr.44	<i>Návrh podpěry</i>	63
obr.45	<i>Návrh zámku příčného nosníku a nosného podélného trámce</i>	63
obr.46	<i>Návrh závěsu nosného podélného trámce a pontonu</i>	64
obr.47	<i>Návrh podpěrného sloupu</i>	64
obr.48	<i>Návrh vázacího schéma nosného podélného trámce</i>	65
obr.49	<i>Montáž nosného podélného trámce na poháněcí stanici</i>	65
obr.50	<i>Čepové uložení závěsu pontonu (analogicky zavěšení OKJ)</i>	66
obr.51	<i>Schéma namáhání pro dimenzování nosníků a závěsů</i>	67
obr.52	<i>Detail závěsu pontonu a uložení nosného podélného trámce</i>	68
obr.53	<i>Znázornění deformace nosného podélného trámce</i>	68
obr.54	<i>Znázornění zatížení v provozních podmínkách - gravitace</i>	69

9. Seznam tabulek

tab.1	<i>Přehled možností přesunu (transportu) poháněcích stanic</i>	18
tab.2	<i>Parametry požadované provozovatelem na výrobce zařízení</i>	43
tab.3	<i>Parametry dodané výrobcem zařízení</i>	43
tab.4	<i>Výsledné zatížení čepu</i>	58
tab.5	<i>Parametry nosného podélného trámce</i>	69

10. Seznam příloh:

Příloha A

název: Sestavný výkres kráčivé jednotky

číslo výkresu: PAV0118-00-OKJ

Příloha B

název: Sestavný výkres adaptéru

číslo výkresu: PAV0118-01-OKJ

Příloha C

název: Detail uložení kráčivé jednotky

číslo výkresu: PAV0118-02-OKJ

Příloha D

název: Konstrukční návrh kráčivé jednotky

číslo výkresu: PAV0118-03-OKJ

Příloha E

název: Nosný rám

číslo výkresu: PAV0118-00-T

Příloha F

název: Detail uložení nosného podélného trámce

číslo výkresu: PAV0118-01-T

Příloha G

název: Nosný podélný trámec

číslo výkresu: PAV0118-02-T

Příloha H

název: Konstrukční návrh přesouvacího zařízení pro poháněcí stanice pásových dopravníků

CD nosič: Diplomová práce včetně příloh

Děkuji prof. Ing. Horstu Gondekovi, DrSc. za jeho odborné rady při řešení mé diplomové práce.